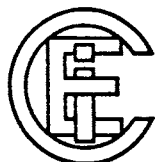


NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
851-5

Deuxième édition
Second edition
1988



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

Méthodes d'essai des fils de bobinage

Cinquième partie: Propriétés électriques

Methods of test for winding wires

Part 5: Electrical properties

Publication
851-5:1988

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

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

Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 617 de la CEI: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur le deuxième feuillet de la couverture, qui énumère les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

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:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

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

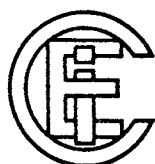
IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the back cover, which lists IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
851-5

Deuxième édition
Second edition
1988



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

Méthodes d'essai des fils de bobinage

Cinquième partie: Propriétés électriques

Methods of test for winding wires

Part 5: Electrical properties

© CEI 1988 . 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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Essai 5: Résistance électrique	6
4. Essai 13: Tension de claquage	8
5. Essai 14: Continuité du revêtement (applicable aux fils de section circulaire émaillés)	14
6. Essai 19: Facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$) (applicable aux fils émaillés et aux fils toronnés)	20
FIGURES	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Test 5: Electrical resistance	7
4. Test 13: Breakdown voltage	9
5. Test 14: Continuity of covering (applicable to enamelled round wires)	15
6. Test 19: Dielectric loss tangent ($\tan \delta$) (applicable to enamelled and bunched wires)	21
FIGURES	24

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAI DES FILS DE BOBINAGE

Cinquième partie: Propriétés électriques

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 55 de la CEI: Fils de bobinage.

Il convient d'employer cette norme conjointement avec la première partie: Généralités (Publication 851-1 de la CEI).

Cette deuxième édition de la Publication 851-5 de la CEI remplace la première édition (1985) qui est issue des Publications 251-1, 251-2, 251-3 et 251-4 de la CEI.

Le texte de cette norme est, en outre, issu des documents suivants:

	Règle des Six Mois	Rapport de vote	Procédure des Deux Mois	Rapport de vote
Modification n° 1 (février 1988)	55(BC)277	55(BC)289	55(BC)290	55(BC)331
Tableau I (modifié)	55(BC)312	55(BC)348	—	—
Article 5, paragraphes 5.1, 5.1.1 et 5.1.2 (modifiés)	55(BC)313	55(BC)349	—	—

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

- Publications n°s 851-1 (1985): Méthodes d'essai des fils de bobinage,
Première partie: Généralités.
- 851-3 (1985): Troisième partie: Propriétés mécaniques.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHODS OF TEST FOR WINDING WIRES**Part 5: Electrical properties**

FOREWORD

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

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 55: Winding Wires.

It should be used in conjunction with Part 1: General (IEC Publication 851-1).

This second edition of IEC Publication 851-5 replaces the first edition (1985) based on IEC Publications 251-1, 251-2, 251-3 and 251-4.

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

	Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
Amendment No. 1 (February 1988)	55(CO)277	55(CO)289	55(CO)290	55(CO)331
Table I (amended)	55(CO)312	55(CO)348	—	—
Clause 5, Sub-clauses 5.1, 5.1.1 and 5.1.2 (amended)	55(CO)313	55(CO)349	—	—

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

The following IEC publications are quoted in this standard:

- Publications Nos. 851-1 (1985): Methods of test for winding wires,
Part 1: General.
851-3 (1985): Part 3: Mechanical properties.

MÉTHODES D'ESSAI DES FILS DE BOBINAGE

Cinquième partie: Propriétés électriques

INTRODUCTION

Le lecteur consultera l'Introduction générale, dans la Publication 851-1 de la CEI.

1. Domaine d'application

La présente norme traite des essais suivants:

- Essai 5: Résistance électrique
- Essai 13: Tension de claquage
- Essai 14: Continuité du revêtement
- Essai 19: Facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$)

et regroupe les textes correspondants qui figuraient dans l'ancienne Publication 251 de la CEI.

2. Objet

Normaliser les propriétés électriques des fils de bobinage.

3. Essai 5: Résistance électrique

La résistance du fil est définie comme étant la résistance en courant continu à 20 °C. La méthode utilisée doit donner une précision de 0,5%.

Pour les fils toronnés, une longueur de 10 m doit être utilisée et les extrémités doivent être soudées avant la mesure.

Lorsqu'on mesure la résistance en vue de vérifier si le nombre de conducteurs coupés est excessif, une longueur de 10 m de fil toronné doit être utilisée.

Si la résistance est mesurée à une température t autre que 20 °C (R_t), la résistance R_{20} à 20 °C est calculée à l'aide de la formule:

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

où:

t = température réelle en degrés Celsius pendant la mesure

α = coefficient de température

- pour le cuivre: $\alpha_{20\text{ °C}} = 3,96 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$;
- pour l'aluminium: $\alpha_{20\text{ °C}} = 4,07 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$;
- pour les températures comprises entre 15 °C et 25 °C.

Un seul essai est effectué.

METHODS OF TEST FOR WINDING WIRES

Part 5: Electrical properties

INTRODUCTION

The reader is referred to the General Introduction in IEC Publication 851-1.

1. Scope

This standard relates to:

- Test 5: Electrical resistance
- Test 13: Breakdown voltage
- Test 14: Continuity of covering
- Test 19: Dielectric loss tangent ($\tan \delta$)

and groups the relevant texts laid down in the former IEC Publication 231.

2. Object

To standardize the electrical properties of winding wires.

3. Test 5: Electrical resistance

The resistance of the wire shall be expressed as the d.c. resistance at 20 °C. The method used shall provide an accuracy 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 ends, a length of 10 m of bunched wire shall be used.

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

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

where:

t = actual temperature in Celsius degrees during the measurement
 a = temperature coefficient

- for copper: $a_{20\text{ °C}} = 3.96 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$;
- for aluminium: $a_{20\text{ °C}} = 4.07 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$;
- for the temperature range from 15 °C to 25 °C.

One measurement shall be made.

4. Essai 13: Tension de claquage

4.1 Tension d'essai

La tension d'essai est une tension alternative d'une fréquence nominale de 50 Hz ou 60 Hz et de forme sensiblement sinusoïdale, le facteur de crête restant dans les limites de $\sqrt{2} \pm 5\%$ (1,34 à 1,48). Le transformateur d'essai a une puissance nominale d'au moins 500 VA et le courant fourni a une forme d'onde pratiquement sinusoïdale dans les conditions d'essai.

Pour détecter un claquage, le dispositif à maximum de courant doit fonctionner lorsqu'une intensité de 5 mA ou plus passe dans le circuit à haute tension. L'alimentation en tension d'essai doit pouvoir fournir un courant de 5 mA avec une chute de tension maximale de 2%.

La tension, en valeur de crête divisée par $\sqrt{2}$, est appliquée à une valeur nulle, puis élevée à une vitesse constante approximativement de 100 V par seconde jusqu'au claquage. Si le claquage se produit en moins de 5 s, la vitesse de la montée en tension est réduite. Lorsque la tension de claquage spécifiée est supérieure ou égale à 2 500 V, la vitesse de la montée en tension est approximativement de 500 V par seconde.

4.2 Fils de section circulaire émaillés, avec diamètre nominal du conducteur jusqu'à et y compris 0,1 mm

4.2.1 Essai à température ambiante

Un cylindre métallique poli ayant un diamètre d'environ 25 mm est monté avec son axe horizontal. Il est connecté électriquement à une borne de l'appareil d'essai de tension. L'autre borne est montée verticalement au-dessus du cylindre (voir figure 1).

Une éprouvette de fil émaillé, dont l'émail a été enlevé à l'une des extrémités, est connectée à la borne supérieure et enroulée sur le cylindre en une spire. Une force, de valeur indiquée au tableau I, est appliquée à l'extrémité inférieure du fil de manière à maintenir un étroit contact entre le fil et le cylindre.

La tension d'essai est appliquée entre le conducteur et le cylindre, conformément aux prescriptions du paragraphe 4.1.

Cinq éprouvettes sont essayées.

TABLEAU I

Diamètre nominal du conducteur (mm)	Force appliquée au fil (N)
0,018	0,013
0,020	0,015
0,022	0,020
0,025	0,025
0,028	0,030
0,032	0,040
0,036	0,050
0,040	0,060
0,045	0,080
0,050	0,100
0,056	0,120
0,063	0,150
0,071	0,200
0,080	0,250
0,090	0,300
0,100	0,400

4. Test 13: Breakdown voltage

4.1 Test voltage

The voltage to be applied shall be an a.c. voltage and have a nominal frequency of 50 Hz or 60 Hz of an approximately sine waveform, the peak factor being within the limits of $\sqrt{2} \pm 5\%$ (1.34 to 1.48). The test transformer shall have a rated power of at least 500 VA and shall provide a current of essentially undistorted waveform under test conditions.

To detect breakdown, the overcurrent device shall operate when a current of 5 mA or more flows in the high-voltage circuit. The test voltage source shall have a capacity to supply a current of 5 mA with a maximum voltage drop of 2%.

The voltage, expressed as its peak-value divided by $\sqrt{2}$, shall be applied at zero and increased at a uniform rate of approximately 100 V per second until breakdown occurs. In the event of breakdown occurring in less than 5 s, the rate of increase shall be reduced. Where the specified breakdown voltage is equal to or greater than 2 500 V, the rate-of-rise shall be approximately 500 V per second.

4.2 Enamelled round wires with a nominal conductor diameter up to and including 0.1 mm

4.2.1 Test at room temperature

A polished metal cylinder of approximately 25 mm diameter is mounted with its axis horizontal and is connected electrically to one terminal of the voltage test apparatus. The other terminal is mounted vertically above the cylinder (see Figure 1).

A specimen of enamelled wire from which the enamel has been removed at one end shall be connected to the upper terminal and wound once round the cylinder. A force (weight) as specified in Table I is applied to the lower end of the wire to keep the specimen in close contact with the cylinder.

The test voltage shall be applied between the conductor and the cylinder according to Sub-clause 4.1.

Five specimens shall be tested.

TABLE I

Nominal conductor diameter (mm)	Force applied to the wire (N)
0.018	0.013
0.020	0.015
0.022	0.020
0.025	0.025
0.028	0.030
0.032	0.040
0.036	0.050
0.040	0.060
0.045	0.080
0.050	0.100
0.056	0.120
0.063	0.150
0.071	0.200
0.080	0.250
0.090	0.300
0.100	0.400

4.2.2 Essai à température élevée

Essai nécessaire, mais pas encore à l'étude.

4.3 Fils de section circulaire émaillés, avec diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,1 mm jusqu'à et y compris 2,5 mm

4.3.1 Essai à température ambiante

Une éprouvette d'une longueur d'environ 400 mm est torsadée sur elle-même, sur une distance de 125 mm avec l'appareil indiqué à la figure 2. La force exercée sur les brins pendant la torsion et le nombre de tours sont donnés au tableau II.

La boucle à l'extrémité de la section torsadée est coupée en deux endroits (et non un seul) afin d'obtenir un espacement maximal entre les extrémités coupées. A cette extrémité ou à l'extrémité non torsadée, les fils peuvent être recourbés de manière à assurer un écartement approprié entre ces fils, en évitant toute courbure aiguë et toute détérioration de l'isolant.

La tension d'essai est appliquée entre les conducteurs conformément aux prescriptions du paragraphe 4.1.

Cinq éprouvettes sont essayées.

TABLEAU II

Diamètre nominal du conducteur (mm)		Force totale appliquée sur les deux fils (N)	Nombre de tours par 125 mm
De	Jusqu'à et y compris		
0,10	0,25	0,85	33
0,25	0,35	1,70	23
0,35	0,50	3,40	16
0,50	0,75	7,00	12
0,75	1,05	13,50	8
1,05	1,50	27,00	6
1,50	2,15	54,00	4
2,15	2,50	108,00	3

4.3.2 Essai à température élevée

Une éprouvette d'une longueur d'environ 400 mm est torsadée sur elle-même sur une distance de 125 mm avec l'appareil indiqué à la figure 2. La force exercée sur les brins pendant la torsion et le nombre de tours sont donnés au tableau II.

La boucle à l'extrémité de la section torsadée est coupée en deux endroits (et non un seul) afin d'obtenir un espacement maximal entre les extrémités coupées. A cette extrémité ou à l'extrémité non torsadée, les fils peuvent être recourbés de manière à assurer un écartement approprié entre ces fils, en évitant toute courbure aiguë et toute détérioration de l'isolant.

L'éprouvette, préparée comme indiqué ci-dessus, est placée dans une étuve à circulation d'air forcé, préalablement portée à la température spécifiée. L'essai ne doit pas être réalisé tant que l'éprouvette n'a pas atteint cette température.

La tension d'essai est appliquée entre les conducteurs conformément aux prescriptions du paragraphe 4.1.

La tension ne doit pas être appliquée moins de 15 min après que les éprouvettes ont été placées dans l'étuve.

4.2.2 Test at elevated temperature

Test required but not yet under consideration.

4.3 Enamelled round wires with a nominal conductor diameter over 0.1 mm and up to and including 2.5 mm

4.3.1 Test at room temperature

A specimen approximately 400 mm in length shall be twisted back on itself for a distance of 125 mm on an apparatus as shown in Figure 2. The force (weight) applied to the wire pair while being twisted and the number of twists are given in Table II.

The loop at the end of the twisted section shall be cut at two places (not one) to provide the maximum spacing between the cut ends. Any bending of the wires, at this end or at the other untwisted end, to ensure adequate separation between the wires shall avoid sharp bends or damage to the insulation.

The test voltage shall be applied between the conductors according to Sub-clause 4.1.

Five specimens shall be tested.

TABLE II

Nominal conductor diameter (mm)		Force applied to wire pairs (N)	Number of twists per 125 mm
Over	Up to and including		
0.10	0.25	0.85	33
0.25	0.35	1.70	23
0.35	0.50	3.40	16
0.50	0.75	7.00	12
0.75	1.05	13.50	8
1.05	1.50	27.00	6
1.50	2.15	54.00	4
2.15	2.50	108.00	3

4.3.2 Test at elevated temperature

A piece of wire approximately 400 mm in length shall be twisted back on itself for a distance of 125 mm on an apparatus as shown in Figure 2. The force (weight) applied to the wire pair while being twisted and the number of twists are given in Table II.

The loop at the end of the twisted section shall be cut at two places (not one) to provide the maximum spacing between the cut ends. Any bending of the wires, at this end or at the other untwisted end, to ensure adequate separation between the wires shall avoid sharp bends or damage to the insulation.

The specimen prepared as described above shall be put in a forced-draught oven pre-heated to the specified temperature. The test shall not be made until the specimen has reached this specified temperature.

The test voltage shall be applied between the conductors according to Sub-clause 4.1.

In any case the test voltage shall not be applied in less than 15 min after placing the specimen in the oven.

L'essai doit être terminé au bout de 30 min.

Cinq éprouvettes sont essayées.

4.4 *Fils de section circulaire émaillés, avec diamètre nominal du conducteur supérieur à 2,5 mm*

4.4.1 *Essai à température ambiante*

On prépare cinq électrodes en appliquant une bande de feuille de métal mince ayant une largeur de 6 mm sur un ruban adhésif de 12 mm de largeur. L'électrode combinée ruban-feuille métallique est découpée en bandelettes d'environ 75 mm de longueur. Le ruban adhésif ne doit pas dépasser des extrémités de la feuille de métal.

L'éprouvette de fil à utiliser doit avoir une longueur telle que cinq électrodes puissent être appliquées à intervalles d'environ 50 mm. Les électrodes sont appliquées sur le fil de manière que le ruban soit à angle droit avec le fil et que la feuille de métal soit en contact avec le fil. L'électrode est enroulée doucement et solidement autour du fil.

La tension d'essai est appliquée entre le conducteur et les feuilles métalliques des électrodes conformément aux prescriptions du paragraphe 4.1.

Cinq essais sont effectués sur une longueur de fil.

4.4.2 *Essai à température élevée*

L'éprouvette est préparée dans les mêmes conditions que pour l'essai à température ambiante. Elle est placée dans une étuve appropriée préalablement chauffée à la température spécifiée $\pm 5^\circ\text{C}$. L'éprouvette doit atteindre cette température et la tension est appliquée pendant que l'éprouvette est dans l'étuve.

L'essai sera réalisé moins de 15 min après que l'éprouvette aura atteint la température requise. Le temps total dans l'étuve ne doit pas excéder 30 min.

Cinq éprouvettes sont essayées.

4.5 *Fils de section rectangulaire émaillés*

4.5.1 *Essai à température ambiante*

Une éprouvette de 350 mm de long, dont on a retiré l'isolant à une extrémité, est recourbée à plat sur un mandrin comme indiqué par la figure 3.

Le diamètre du mandrin doit être de:

25 mm pour l'épaisseur nominale jusqu'à et y compris 2,5 mm,

50 mm pour l'épaisseur nominale supérieure à 2,5 mm.

L'éprouvette est placée dans un récipient de façon qu'elle soit recouverte par 5 mm de grenaille au moins. Les extrémités de l'éprouvette doivent être assez longues pour éviter les contournements.

Le récipient est rempli doucement de grenaille jusqu'à ce que l'éprouvette soit entourée d'au moins 5 mm de grenaille. La grenaille métallique ne doit pas avoir plus de 2 mm de diamètre; des billes en acier inoxydable, en nickel ou en acier-nickelé conviennent. La grenaille est nettoyée périodiquement à l'aide d'un solvant approprié (par exemple le 1,1,1-trichloroéthane).

La tension d'essai est appliquée entre la grenaille et le conducteur.

Cinq éprouvettes sont essayées.

Note. – Après accord entre acheteur et fournisseur, l'essai peut être réalisé dans l'huile. Dans ce cas, le type d'huile, la viscosité et la tension de claquage résultent d'un accord entre acheteur et fournisseur.

The test shall be completed within 30 min.

Five specimens shall be tested.

4.4 *Enamelled round wires with a nominal conductor diameter over 2.5 mm*

4.4.1 *Test at room temperature*

Five electrodes shall be prepared by applying a strip of thin metal foil having a width of 6 mm to the centre of a pressure-sensitive tape 12 mm wide. 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 metal foil.

A specimen of wire shall be used of such length that five electrodes can be applied at intervals of approximately 50 mm. The electrodes shall be applied to the wire with the tape at right angles to the wire and the foil in contact with the wire. The electrodes shall be wrapped smoothly and firmly around the wire.

The test voltage shall be applied between conductor and foil electrodes according to Sub-clause 4.1.

Five tests shall be made on one specimen of wire.

4.4.2 *Test at elevated temperature*

The specimen shall be prepared as for the test at room temperature, and placed in a suitable oven, pre-heated to the specified temperature $\pm 5^\circ\text{C}$. The specimen shall be allowed to attain that temperature and the voltage shall then be applied while it is in the oven.

The test shall be made within 15 min after the specimen has attained the required temperature. The total time for which the specimen is in the oven shall not exceed 30 min.

Five specimens shall be tested.

4.5 *Enamelled rectangular wires*

4.5.1 *Test at room temperature*

A specimen of wire 350 mm long shall have the insulation removed at one end and 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 2.5 mm,

50 mm for nominal thicknesses over 2.5 mm.

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

The shot shall be poured gently into a container until the specimen is covered by at least 5 mm of shot. The metal shot shall be not more than 2 mm in diameter; balls of stainless steel, nickel or nickel-plated iron have been found suitable. The shot shall be cleaned periodically with a suitable solvent, for example, 1,1,1-trichloroethane.

The test voltage shall be applied between the shot and the conductor.

Five specimens shall be tested.

Note. – By agreement between purchaser and supplier, the test may be carried out under oil. In such cases the type and the viscosity of the oil and the breakdown voltage shall be agreed between purchaser and supplier.

4.5.2 *Mesure à température élevée (fils émaillés seulement)*

Une éprouvette est préparée comme indiqué au paragraphe 4.5.1, le récipient utilisé pour l'essai et la grenaille sont préchauffés dans la même étuve à la température prescrite dans la feuille de spécification particulière, puis la grenaille est versée dans le récipient.

On applique la tension d'essai moins de 15 min après que l'éprouvette a atteint la température requise. L'essai doit être terminé dans les 30 min.

Cinq essais sont effectués.

4.6 *Tension de claquage résiduelle après pliage*

4.6.1 *Fils de section circulaire*

4.6.1a) *Fils isolés avec un revêtement fibreux*

On utilise l'éprouvette préparée pour l'essai d'enroulement sur mandrin.

Elle est retirée du mandrin, placée dans un récipient de façon qu'elle soit entourée par 5 mm de grenaille au moins. Les extrémités de l'éprouvette doivent être assez longues pour éviter les contournements.

Le récipient est rempli doucement de grenaille jusqu'à ce que l'éprouvette soit recouverte d'au moins 5 mm de grenaille.

La grenaille métallique ne doit pas avoir plus de 2 mm de diamètre; des billes en acier inoxydable, en nickel ou en acier nickelé conviennent. La grenaille est nettoyée périodiquement à l'aide d'un solvant approprié (par exemple 1,1,1-trichloroéthane).

La tension d'essai est appliquée entre la grenaille et le conducteur.

On essaie cinq éprouvettes.

4.6.1b) *Fils émaillés, isolés avec un revêtement fibreux*

Essai nécessaire, mais pas encore à l'étude.

4.6.1c) *Fils recouverts d'un ruban et collés*

Essai nécessaire, mais pas encore à l'étude.

4.6.2 *Fils de section rectangulaire*

Note - Cet essai fait partie de l'essai d'enroulement sur mandrin du paragraphe 5.1.5 de la Publication 851-3 de la CEI.

On utilise l'éprouvette préparée pour l'essai d'enroulement sur mandrin.

La courbe en U d'une extrémité de l'éprouvette est immergée dans un récipient et contrôlée comme indiqué au paragraphe 4.5.1. On opère de la même façon sur l'autre courbe en U.

Quatre essais sont effectués.

5. **Essai 14: Continuité du revêtement (applicable aux fils de section circulaire émaillés)**

5.1 *Continuité sous basse tension*

4.5.2 *Test at elevated temperature (applicable to enamelled wires)*

A specimen prepared as described in Sub-clause 4.5.1, the container to be used for this test, and the shot shall be pre-heated to the temperature specified in the relevant specification sheet in the same oven; the shot shall then be poured into the container.

The test shall be made within 15 min after the specimen has attained the required temperature. The total time for which the specimen is in the oven shall not exceed 30 min.

Five tests shall be made.

4.6 *Retention of electric strength after bending*

4.6.1 *Round wires*

4.6.1a) *Fibre insulated wires*

The specimen prepared for the mandrel winding test shall be used.

It shall be removed from the mandrel, placed in a container and positioned so that it can be surrounded by at least 5 mm of shot. The ends of the specimen shall be sufficiently long to avoid flashover.

The shot shall be poured gently into the container until the specimen is covered by at least 5 mm of shot.

The metal shot shall be not more than 2 mm in diameter; balls of stainless steel, nickel or nickel-plated iron have been found suitable. The shot shall be cleaned periodically with a suitable solvent (e.g. 1,1,1-trichloroethane).

The test voltage shall be applied between the shot and the conductor.

Five specimens shall be tested.

4.6.1b) *Fibre covered enamelled wires*

Test required but not yet under consideration.

4.6.1c) *Tape wrapped and bonded wires*

Test required but not yet under consideration.

4.6.2 *Rectangular wires*

Note. – This test is part of the mandrel winding test as given in Sub-clause 5.1.5 of IEC Publication 851-3.

The specimen prepared for the mandrel winding test shall be used.

The U-shape bend at one end of the specimen shall be immersed in a container as described in Sub-clause 4.5.1 and tested therein. The procedure shall then be repeated on the other U-shape bend of the specimen.

Four tests shall be made.

5. **Test 14: Continuity of covering (applicable to enamelled round wires)**

5.1 *Low voltage continuity*

5.1.1 Appareillage

L'essai est effectué en faisant passer une éprouvette de fil entre deux tampons de feutre (voir figure 4) immergés dans une solution électrolytique de sulfate de sodium dans l'eau (30 g/l).

5.1.2 Méthode

Une éprouvette de fil émaillé de 30 m est soumise à l'essai décrit ci-après. La vitesse du fil qui passe entre les tampons de feutre est de 25 cm/s. La force appliquée au fil ne doit pas dépasser 0,03 N.

On doit utiliser un relais magnétique approprié avec un compteur ayant une sensibilité telle que le compteur fonctionne quand l'isolation du fil a une résistance inférieure à 10 k Ω pendant une durée de 0,04 s.

Le compteur ne doit pas fonctionner quand la résistance est supérieure ou égale à 15 k Ω . Le compteur ne doit pas indiquer plus de 10 défauts par seconde.

Un défaut continu doit être indiqué par la lampe témoin.

Un seul essai est effectué.

5.2 Continuité sous haute tension

Cet essai détermine l'intégrité de l'isolant du fil par l'application d'une tension en courant continu, couplée à un circuit de détection qui indique le nombre de défauts. Cet essai est applicable pour les diamètres nominaux du conducteur de 0,05 mm à 1,60 mm compris.

5.2.1 Appareil d'essai

Une source réglée doit fournir une haute tension en courant continu lisse et filtrée, pratiquement dépourvue de courants transitoires, à l'électrode. Les tensions d'essai à circuit ouvert doivent être réglables de 350 V $\pm$ 5 % à 3 000 V $\pm$ 5 % et doivent avoir une polarité positive par rapport au conducteur, relié à la terre, des échantillons de fils.

Le courant de court-circuit permanent doit être de (25 $\pm$ 5) μ A pour toute tension d'essai. Une résistance de défaut de 50 M Ω à l'électrode ne doit pas entraîner une chute de tension supérieure à 75 % sur la poulie de contact, quelle que soit la tension.

La sensibilité du circuit de détection de défauts doit être telle que le seuil de courant de défaut soit conforme au tableau III, avec une tolérance de $\pm$ 10 %. La vitesse de réponse du circuit de détection de défauts doit être de (5 $\pm$ 1) ms.

TABLEAU III

Tension d'essai courant continu (V)	Seuil du courant de défaut (μ A)
3 000	16
2 500	14
2 000	12
1 500	10
1 000	8
750	7
500	6
350	5

Le circuit doit compter au taux de (500 $\pm$ 25) défauts par minute, lorsque le fil nu est en contact avec l'électrode.

5.1.1 Apparatus

The test is carried out by passing the wire specimen between two felt pads (see Figure 4) immersed in an electrolytic solution of sodium sulphate in water (30 g/l).

5.1.2 Method

An enamelled wire specimen of 30 m shall be subjected to the test described below. The speed of the wire passing between the felt pads shall be 25 cm/s. The force applied to the wire shall not exceed 0.03 N.

A suitable magnetic relay with counter shall be used having a sensitivity such that the counter will operate when the wire insulation has a resistance 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.

5.2 High-voltage continuity

This test determines the integrity of the insulation of the wire by the application of a d.c. voltage coupled to a detection circuit which indicates the number of faults. The test is applicable for nominal conductor diameters from 0.05 mm up to and including 1.60 mm.

5.2.1 Test apparatus

A regulated high-voltage power supply shall provide a smooth filtered d.c. voltage, substantially free of transients, to the electrode. The open-circuit test voltage shall be adjustable from 350 V $\pm$ 5% to 3 000 V $\pm$ 5% and shall have a positive polarity with respect to the earthed conductor of the winding wire specimens.

The steady-state short-circuit current shall be (25 $\pm$ 5) μ A at any test voltage. A 50 M Ω fault resistance at the electrode shall not result in more than a 75% drop in voltage on the contact pulley at any voltage.

The sensitivity of the fault detection circuit shall be such that the threshold fault current shall be as shown in Table III with a tolerance of $\pm$ 10%. The speed of response of the fault detection circuit shall be 5 $\pm$ 1 ms.

TABLE III

Test voltage d.c. (V)	Threshold fault current (μ A)
3 000	16
2 500	14
2 000	12
1 500	10
1 000	8
750	7
500	6
350	5

The fault counting circuit shall repeat at the rate of (500 $\pm$ 25) counts per minute when the bare wire is in contact with the electrode.

Pour les diamètres du conducteur de 0,05 mm à 0,25 mm inclus, on utilise des poulies électrodes haute tension double. Ces poulies électrodes doivent être construites en acier inoxydable telles qu'elles sont décrites à la figure 8. La géométrie des poulies doit assurer une longueur de contact de $25 \pm 0,5$ mm sur chaque poulie.

Pour les diamètres des conducteurs supérieurs à 0,25 mm et allant jusqu'à 1,6 mm inclus, l'électrode haute tension doit être construite en acier inoxydable comme spécifié à la figure 7. La géométrie des poulies doit assurer une longueur de contact de 25 mm à 30 mm.

L'isolant de terre des électrodes doit être un matériau à haute résistivité, non hygroscopique, non sensible au cheminement, facile à nettoyer. Il doit présenter une distance suffisante pour maintenir une tension continue de 3 000 V.

Les deux poulies de guidage doivent être mises à la terre et avoir les mêmes dimensions que les électrodes. Les poulies de guidage doivent être espacées par rapport aux électrodes comme indiqué aux figures 7 ou 8 selon la dimension du fil.

Un rhéostat atténuateur de choc de $4,7 \text{ M}\Omega \pm 10\%$ doit être installé dans le circuit haute tension, à la connexion avec la poulie de contact. Aucun écran ne doit être utilisé sur le conducteur d'alimentation haute tension, une capacité minimale par rapport à la terre étant requise au cours des opérations de commutation et de comptage.

La vitesse du fil doit être de $(18 \pm 1) \text{ m/min}$. Le moteur de commande doit être du type sans balai et avoir une puissance suffisante pour maintenir la vitesse nécessaire pour un fil de 1,60 mm.

5.2.2 Méthode d'essai

L'échantillon de fil, dont le conducteur est relié à la terre, est tiré sur une électrode constituée par une poulie dont la gorge est en forme de « V », à une vitesse constante. La tension d'essai en courant continu est appliquée à l'électrode.

Les défauts d'isolation sont détectés et enregistrés sur un compteur. Les résultats sont inscrits en défauts par 30 m.

5.2.3 Epreuve

Chaque épreuve est constituée de 30 m de fil. Elle doit être préconditionnée comme spécifié à l'article 3 de la Publication 851-1 de la C E I.

5.2.4 Procédure

Le fil doit être passé sur l'électrode haute tension mise à la tension indiquée au tableau IV, à une vitesse de $(18 \pm 1) \text{ m/min}$. Le conducteur de l'épreuve doit être mis à la terre. Il faut utiliser un équipement de dévidage qui évite tout dommage de l'épreuve de fil en essai et maintient un contact approprié avec l'électrode. Les défauts doivent être enregistrés sur le compteur. La valeur d'essai enregistrée est le nombre de défauts enregistrés par 30 m.

Un seul essai est effectué.

For conductor diameters 0.05 mm to 0.25 mm inclusive, dual high-voltage electrode pulleys shall be used. These electrode pulleys shall be made of stainless steel, as shown in Figure 8. The geometry of the pulleys shall provide a specimen contact length of $25_{-2.5}^{+0}$ mm on each pulley.

For conductor diameters over 0.25 mm up to and including 1.6 mm the high-voltage electrode shall be constructed of stainless steel, as specified in Figure 7. The geometry of the pulleys shall provide a specimen contact length of 25 mm to 30 mm.

The earth insulation for the electrode shall be a high resistivity material, non-hygroscopic, non-tracking and easily cleaned, and shall have clearance for maintaining a continuous voltage of 3 000 V.

The two guide pulleys shall be earthed and of the same dimensions as the electrode. The guide pulleys shall be spaced with respect to the electrode as in Figures 7 and 8, depending on the wire size.

A surge damping resistor of $4.7 \text{ M}\Omega \pm 10\%$ shall be installed in the high-voltage line at the contact pulley connection. No shielding shall be used on the high-voltage lead since a minimum capacitance to ground is required during switching and counting events.

The wire speed shall be $(18 \pm 1) \text{ m/min}$. The drive motor shall be the brushless type and shall have sufficient power to maintain the required speed to handle 1.60 mm wire.

5.2.2 Test method

The wire specimen with the conductor earthed is pulled over a "V" grooved electrode at a constant speed. The d.c. test voltage is connected to the electrode.

Defects in the insulation are detected and registered on a counter. The results are listed in terms of faults per 30 m.

5.2.3 Test specimen

The specimen consists of 30 m of wire. This specimen shall be pre-conditioned as specified in Clause 3 of IEC Publication 851-1.

5.2.4 Procedure

The wire shall be passed over the high-voltage electrode, set at the voltage given in Table IV, at a speed of $(18 \pm 1) \text{ m/min}$. The conductor of the specimen shall be earthed. Take-off equipment should be used that will eliminate damage of the wire specimen under test and maintain adequate contact with the electrode. The faults shall be registered on the readout counter. The test value recorded shall be the number of faults registered per 30 m.

One test shall be made.

TABEAU IV

Type de conducteur	Diamètre nominal du conducteur (mm)		Tension en courant continu (V $\pm$ 5%)		
	Au-dessus de	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	—

5.2.5 Définitions

5.2.5.1 Défaut

Un défaut est toute défectuosité (ou série de défectuosités) sur 25 mm de fil permettant le passage d'un courant suffisant pour actionner le circuit de détection de défauts.

5.2.5.2 Tension d'essai

La tension d'essai est la tension à vide appliquée sur le film isolant.

5.2.5.3 Courant de détection de défauts

Le courant de détection de défauts est le courant circulant entre la poulie de contact et la terre, à travers le film isolant.

5.2.5.4 Sensibilité

La sensibilité est le courant minimal nécessaire pour actionner le compteur de défauts dans le circuit de détection de défauts.

6. Essai 19: Facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$) (applicable aux fils émaillés et aux fils toronnés)

6.1 Principe

La méthode de mesure consiste à introduire dans un circuit résonnant une capacité auxiliaire dont les armatures sont constituées par le conducteur du fil émaillé et un bain de mercure dans lequel le fil est plongé.

Note. – La mesure peut s'effectuer par exemple à l'aide d'un Q-mètre.

6.2 Préparation de l'éprouvette

Une longueur de fil à essayer est recourbée sur plat en forme de U (voir figure 6) et plongée dans un bain contenant du mercure. La longueur immergée doit être telle que la capacité conducteur-mercure soit comprise entre 50 pF et 100 pF.

Avertissement: Les vapeurs de mercure sont toxiques. Des précautions spéciales doivent être prises lorsqu'un bain de mercure est utilisé.

TABLE IV

Type of conductor	Nominal conductor diameter (mm)		D.C. voltage (V $\pm$ 5%)		
	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	—

5.2.5 Definitions

5.2.5.1 Fault

A fault is any defect (or series of defects) in 25 mm of wire which allows sufficient current flow to activate the fault detection circuit.

5.2.5.2 Test voltage

The test voltage is the open-circuit voltage applied across the film insulation.

5.2.5.3 Fault-detection current

The fault-detection current is the current flowing from the contact pulley through the fault in the film insulation to earth.

5.2.5.4 Sensitivity

The sensitivity is the minimum current that will activate the fault counter in the fault detection circuit.

6. Test 19: Dielectric loss tangent ($\tan \delta$) (applicable to enamelled and bunched wires)

6.1 Principle

The measuring method consists of introducing into a resonant circuit an auxiliary capacitance whose plates consist of the conductor of the enamelled wire and a mercury bath in which the wire is immersed.

Note. – The measurement may be made by using, for example, a Q-meter.

6.2 Preparation of the wire specimen

The wire under test shall be bent on the flat into a U-shape (see Figure 6) and lowered into a bath containing mercury. The length immersed shall be such that the capacitance between conductor and mercury is between 50 pF and 100 pF.

Warning: Vapour of mercury is toxic; care shall be taken when handling the mercury bath.

6.3 Mesure

L'appareillage choisi devra permettre une mesure des pertes diélectriques avec une précision de $\pm 10\%$. La mesure sera effectuée à une fréquence d'environ 1 MHz.

Le schéma d'un circuit de mesure approprié est indiqué par la figure 5.

L'éprouvette est connectée. Puis la résistance d'amortissement R est amenée à une valeur infinie et le circuit est accordé sur la valeur maximale du voltmètre V au moyen du condensateur C .

Le voltmètre V est alors ajusté au moyen du condensateur de couplage à une valeur déterminée. On note la valeur C_1 du condensateur variable C .

On déconnecte alors l'éprouvette et l'on accorde à nouveau le circuit à l'aide de C . La valeur C_2 est notée.

La capacité de l'éprouvette est:

$$C_x = C_2 - C_1$$

On ramène l'indication du voltmètre à la valeur précédemment retenue au moyen de la résistance R dont on note la valeur R_v .

Le facteur de dissipation diélectrique est donné par:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\omega R_v C_x}$$

où:

$$\omega = 2\pi f$$

6.3 Measurement

The test equipment used shall allow a loss measurement to be made with a precision of $\pm 10\%$. The measurement shall be made at a frequency of approximately 1 MHz.

A diagram of a suitable circuit is shown in Figure 5.

The specimen is connected. Then the damping resistor R is set at infinity and the circuit is tuned to the maximum reading of voltmeter V by means of capacitor C .

The voltmeter V reading is then adjusted by means of a coupling capacitor to a predetermined reading. The value C_1 of capacitor C is noted.

The specimen is disconnected and the circuit retuned by means of capacitor C . The value C_2 is noted.

The capacitance of the specimen is:

$$C_x = C_2 - C_1$$

The voltmeter reading is readjusted to its previous value by means of resistor R . The value R_v of resistor R is noted.

The dielectric loss tangent is calculated by:

$$\tan \delta = \frac{1}{\omega R_v C_x}$$

where:

$$\omega = 2\pi f$$