

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC STANDARD

Publication 251-1

Deuxième édition — Second edition

1978

Méthodes d'essai des fils de bobinages

Première partie: Fils émaillés à section circulaire

Methods of test for winding wires

Part 1: Enamelled round wires



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

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**
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **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 (V.E.I.), 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 V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du V.E.I., 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 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Autres publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les autres 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**
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), 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 I.E.V. will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the I.E.V. 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 117: Recommended graphical symbols.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Other IEC publications prepared by the same Technical Committee

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC STANDARD

Publication 251-1

Deuxième édition — Second edition

1978

Méthodes d'essai des fils de bobinages

Première partie: Fils émaillés à section circulaire

Methods of test for winding wires

Part 1: Enamelled round wires



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

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION	10
Articles	
1. Domaine d'application	10
2. Objet	10
3. Notes générales concernant les essais	10
4. Dimensions	12
5. Résistance électrique	14
6. Allongement	14
7. Effet de ressort	14
8. Souplesse et adhérence	18
9. Essai de choc thermique	22
10. Essai de thermoplasticité	22
11. Résistance à l'abrasion	24
12. Essai aux solvants	26
13. Tension de claquage	28
14. Continuité de l'isolant	34
15. Endurance thermique	36
16. Essais applicables aux fils utilisés dans les appareils réfrigérants	36
17. Essai de soudabilité	42
18. Essais de thermoadhérence et de solvoadhérence	44
19. Facteur de dissipation diélectrique	46
20. Résistance à l'huile de transformateur en présence d'eau	46
21. Perte de masse	46
22. Essai de claquage à haute température	48
FIGURES	52

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	11
Clause	
1. Scope	11
2. Object	11
3. General notes on tests	11
4. Dimensions	13
5. Electrical resistance	15
6. Elongation	15
7. Springiness	15
8. Flexibility and adherence	19
9. Heat shock	23
10. Cut-through test	23
11. Resistance to abrasion	25
12. Solvent test	27
13. Breakdown voltage	29
14. Continuity of covering	35
15. Thermal endurance	37
16. Tests for wires for use in refrigerants	37
17. Solder test	43
18. Heat and solvent bonding tests	45
19. Dielectric loss tangent	47
20. Resistance to transformer oil in the presence of water	47
21. Loss of mass	47
22. High temperature failure test	49
FIGURES	52

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAI DES FILS DE BOBINAGES

Première partie: Fils émaillés à section circulaire

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 DE LA PREMIÈRE ÉDITION

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

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Bucarest en 1962. Un nouveau projet fut discuté lors de la réunion tenue à Vienne en 1963 à la suite de laquelle il fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en septembre 1964. Les commentaires reçus furent discutés lors de la réunion tenue à La Haye en 1965 et un projet révisé fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en mars 1966.

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

Afrique du Sud (République de)	Etats-Unis d'Amérique	Roumanie
Allemagne	Finlande	Royaume-Uni
Australie	France	Suède
Autriche	Israël	Suisse
Belgique	Italie	Tchécoslovaquie
Canada	Japon	Turquie
Corée (République de)	Pays-Bas	Union des Républiques
Danemark	Pologne	Socialistes Soviétiques
		Yougoslavie

PRÉFACE DE LA DEUXIÈME ÉDITION

La deuxième édition, qui paraît comme norme de la CEI, a été préparée par le Comité d'Etudes N° 55: Fils de bobinage.

Depuis que la première édition a été publiée en 1968, l'expérience acquise lors des essais des fils de bobinage a permis d'améliorer ces méthodes. Cette norme incorpore des méthodes d'essai dont la technique a été modifiée pour les essais suivants:

- résistance électrique;
- souplesse et adhérence;
- choc thermique;
- résistance à l'abrasion;
- tension de claquage;
- endurance thermique;
- résistance aux réfrigérants;
- perte de masse;
- essai de soudabilité;
- claquage à haute température.

La rédaction de la plupart des autres méthodes d'essai a été revue en tenant compte de ce qui avait été accepté pour d'autres documents concernant les méthodes d'essai.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHODS OF TEST FOR WINDING WIRES

Part 1: Enamelled round wires

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 TO THE FIRST EDITION

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 55, Winding Wires.

A first draft was discussed at the meeting held in Bucharest in 1962. A new draft was discussed at the meeting held in Vienna in 1963, as a result of which it was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1964. Comments received were discussed at the meeting held in The Hague in 1965 and an amended draft was submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in March 1966.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Part 1:

Australia	Germany	South Africa (Republic of)
Austria	Israel	Sweden
Belgium	Italy	Switzerland
Canada	Japan	Turkey
Czechoslovakia	Korea (Republic of)	Union of Soviet Socialist Republics
Denmark	Netherlands	United Kingdom
Finland	Poland	United States of America
France	Romania	Yugoslavia

PREFACE TO THE SECOND EDITION

The second edition, now known as an IEC standard, was prepared by Technical Committee No. 55, Winding Wires.

Since the first edition was published in 1968, improved methods of test have been developed due to improved experience in testing of winding wires. This standard incorporates technically modified methods of test for the following properties of enamelled winding wires:

- electrical resistance;
- flexibility and adherence;
- heat shock;
- resistance to abrasion;
- breakdown voltage;
- thermal endurance;
- resistance to refrigerants;
- loss of mass;
- solder test;
- high temperature failure.

Most of the other methods of test have been revised editorially taking into account modified wordings accepted in connection with other documents on methods of test.

Article 5: Résistance électrique

Un premier projet relatif au coefficient de température pour le cuivre et l'aluminium fut discuté lors de la réunion tenue à Zurich en 1977. A la suite de cette réunion le document 55(Bureau Central)206 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1978.

Article 8: Souplesse et adhérence

Un premier projet a été remplacé par une méthode d'essai améliorée qui a été discutée lors de la réunion tenue à Athènes en 1972. A la suite de cette réunion, le document 55(Bureau Central)117 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1973.

A la suite de la réunion tenue à Londres en 1974, des modifications, document 55(Bureau Central)165, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en juillet 1975.

Une nouvelle définition du terme «craquelure» fut discutée à la réunion tenue à Athènes en 1972 et à la suite de cette réunion le document 55(Bureau Central)126 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1973.

Article 9: Choc thermique

Un premier projet fut remplacé par une méthode d'essai améliorée qui a été discutée lors de la réunion tenue à Athènes en 1972. A la suite de cette réunion le document 55(Bureau Central)118 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1973. A la suite de la réunion tenue à Londres en 1974, des modifications document 55(Bureau Central)166, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en juillet 1975.

Article 11: Résistance à l'abrasion

Lors de la Réunion tenue à Athènes en 1972, un projet fut discuté: on proposait de supprimer «l'essai d'abrasion alterné» et de le remplacer par «l'essai d'abrasion unidirectionnelle» tel qu'il est décrit dans l'article 11 de la Publication 251-1A (1973) de la CEI. Cette modification, document 55(Bureau Central)176 fut soumise à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1975.

Article 13: Tension de claquage

Lors de la réunion tenue à Athènes en 1972 on proposait de modifier la limite entre l'essai avec cylindre et l'essai en torsion en passant du diamètre nominal 0,040 mm au diamètre nominal 0,100 mm. Cette modification, document 55(Bureau Central)119, fut soumise à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1973.

Un premier projet relatif à l'essai de tension de claquage à température élevée fut discuté lors de la réunion tenue à Londres en 1974. A la suite de cette réunion le document 55(Bureau Central)163 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juillet 1975.

Article 15: Endurance thermique

Un premier projet relatif à un additif pour l'article 15 de la Publication 251-1A (1973) de la CEI fut discuté lors de la réunion tenue à Athènes en 1972. A la suite de cette réunion le document 55(Bureau Central)128 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1973. Des modifications, document 55(Bureau Central)167, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en juillet 1975.

Article 16: Essais applicables aux fils utilisés dans les appareils réfrigérants — Paragraphe 16.2: Extraction par les réfrigérants de la Publication 251-1A de la CEI: Premier complément de la Publication 251-1: Méthodes d'essai des fils de bobinages, Première partie: Fils émaillés à section circulaire.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Londres en 1974. A la suite de cette réunion le document 55(Bureau central)168 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juillet 1975.

Article 17: Essai de soudabilité

Un premier projet relatif à la méthode d'essai pour les diamètres nominaux compris entre 0,05 mm et 0,1 mm inclus fut discuté lors de la réunion tenue à Zurich en 1977. A la suite de cette réunion le document 55(Bureau Central)201 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1977.

Clause 5: Electrical resistance

A first draft on temperature coefficients for copper and aluminium was discussed at the meeting held in Zurich in 1977. As a result of this meeting, Document 55(Central Office)206 was submitted to the National Committees for approval under Six Months' Rule in December 1978.

Clause 8: Flexibility and adherence

A first draft was replaced by an improved method of test which was discussed at the meeting held in Athens in 1972. As a result of this meeting, a revised draft, Document 55(Central Office)117, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1973.

As a result of the meeting held in London in 1974, amendments, Document 55(Central Office)165, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in July 1975.

A revised definition of the term "crack" was discussed at the meeting held in Athens in 1972 and as a result of this meeting Document 55(Central Office)126 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1973.

Clause 9: Heat shock

A first draft was replaced by an improved method of test which was discussed at the meeting held in Athens in 1972. As a result of this meeting, a revised draft, Document 55(Central Office)118 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1973. As a result of the meeting held in London in 1974 amendments, Document 55(Central Office)166, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in July 1975.

Clause 11: Resistance to abrasion

At the meeting held in Athens in 1972, a proposal was discussed to delete the "repeated scrape test" and to replace it by the "Unidirectional scrape resistance test", as described in Clause 11 of IEC Publication 251-1A (1973). This modification, Document 55(Central Office)176, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1975.

Clause 13: Breakdown voltage

At the meeting held in Athens in 1972, a proposal was discussed to modify the change-over point between the cylinder test and the twist test from nominal diameter 0.040 mm to nominal diameter 0.100 mm. This modification, Document 55(Central Office)119, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1973.

A first draft on test of breakdown voltage at elevated temperatures was discussed at the meeting held in London in 1974. As a result of this meeting, Document 55(Central Office)63 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1975.

Clause 15: Thermal endurance

A first draft of an Addendum to Clause 15 of IEC Publication 251-1A (1973) was discussed at the meeting held in Athens in 1972. As a result of this meeting, Document 55(Central Office)128 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1973. Amendments, Document 55(Central Office)167, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in July 1975.

Clause 16: Test for wires for use in refrigerants — Sub-clause 16.2: Extraction with refrigerants of IEC Publication 251-1A, First supplement of Publication 251-1, Methods of Test for Winding Wires, Part 1: Enamelled Round Wires.

A first draft was discussed at the meeting held in London in 1974. As a result of this meeting, Document 55(Central Office)168 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1975.

Clause 17: Solder test

A first draft on a method of test for nominal diameters over 0.05 mm up to and including 0.1 mm was discussed at the meeting held in Zurich in 1977. As a result of this meeting, Document 55(Central Office)201 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1977.

*Article 21: Perte de masse**

Un premier projet, «essai complémentaire de perte de poids» fut discuté lors de la réunion tenue à Stockholm en 1968. A la suite de cette réunion le document 55(Bureau Central)80 fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en janvier 1970. Ce projet fut discuté lors de la réunion tenue à Washington en 1970 et un projet modifié, document 55(Bureau Central)132, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en décembre 1973.

Article 22: Essai de claquage à haute température

Un premier projet, «essai de surcharge pour déterminer la résistance au grillage des fils émaillés de section circulaire» fut discuté lors de la réunion tenue à Athènes en 1972.

A la suite de cette réunion un nouveau projet, document 55(Bureau Central)116, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mai 1973. A la suite de la réunion tenue à Londres en 1974, une version modifiée, document 55(Bureau Central)177, fut soumise à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en septembre 1975.

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

Afrique du Sud (République d') (excepté articles 11 et 13)	Iran (seulement article 21)
Allemagne (excepté article 21)	Israël (excepté articles 5 et 17)
Australie (excepté article 22)	Italie (excepté article 22)
Autriche (excepté article 22)	Japon (excepté articles 11 et 21)
Belgique	Norvège (excepté article 16)
Brésil (paragraphes 13.3.2/13.4.2 et article 15)	Pakistan (articles 8, 9, 13 et 15)
Canada	Pays-Bas (excepté article 17)
Chine (article 5)	Pologne (excepté article 21)
Corée (République démocratique populaire de) (article 21)	Roumanie (excepté article 13)
Danemark	Royaume-Uni
Egypte (articles 5, 8, 11, 13 et 15)	Suède
Espagne	Suisse (excepté article 13)
États-Unis d'Amérique (excepté articles 16, 17 et 22)	Tchécoslovaquie
Finlande (article 11, paragraphes 13.3.2, 13.4.2, articles 16 et 21)	Turquie
France (excepté article 22)	Union des Républiques Socialistes Soviétiques (excepté articles 5, 13, 16 et 22)
Hongrie (articles 8, 9, 13, 15 et 21)	Yougoslavie (articles 8, 9, 13, 15, 21 et 22)
Inde (articles 13, 15 et 22)	

La prochaine édition de la Publication 251 paraîtra sous forme de fascicules séparés comprenant chacun un essai ou un petit groupe d'essais.

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

Publications nos	172:	Méthode d'essai pour l'évaluation de la stabilité thermique des fils émaillés par l'abaissement de la rigidité diélectrique entre les fils torsadés.
	182:	Dimensions de base des fils de bobinage.
	251:	Méthodes d'essai des fils de bobinages.
	264:	Conditionnement des fils de bobinage.
	317:	Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage.

* La référence au tétrachlorure de carbone comme solvant de dégraissage fut remplacée par une référence à «un solvant qui n'affecte pas l'email». Ce changement fut justifié par la connaissance récente d'une plus grande toxicité du tétrachlorure de carbone.

*Clause 21: Loss of mass**

A first draft, "Additional test on weight loss", was discussed at the meeting held in Stockholm in 1968. As a result of this meeting, Document 55(Central Office)80 was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1970. This draft was discussed at the meeting held in Washington in 1970 and a revised draft, Document 55(Central Office)132 was submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in December 1973.

Clause 22: High temperature failure test

A first draft, "Overload test to determine the burnout resistance of enamelled round winding wires", was discussed at the meeting held in Athens in 1972.

As a result of this meeting, a revised draft, Document 55(Central Office)116, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in May 1973. As the result of the meeting held in London in 1974, a modified version, Document 55(Central Office)177, was submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in September 1975.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia (except Clause 22)	Japan (except Clauses 11 and 21)
Austria (except Clause 22)	Korea (Democratic People's Republic of) (Clause 21)
Belgium	Netherlands (except Clause 17)
Brazil (Sub-clauses 13.3.2/13.4.2 and Clause 15)	Norway (except Clause 16)
Canada	Pakistan (articles 8, 9, 13 and 15)
China (only Clause 5)	Poland (except Clause 21)
Czechoslovakia	Romania (except Clause 13)
Denmark	South Africa (Republic of) (except Clauses 11 and 13)
Egypt (Clauses 5, 8, 11, 13 and 15).	Spain
Finland (Clause 11, Sub-clauses 13.3.2/13.4.2, Clauses 16 and 21)	Sweden
France (except Clause 22)	Switzerland (except Clause 13)
Germany (except Clause 21)	Turkey
Hungary (Clauses 8, 9, 13, 15 and 21)	Union of Soviet Socialist Republics (except Clauses 5, 13, 16 and 22)
India (Clauses 13, 15 and 22)	United Kingdom
Iran (only Clause 21)	United States of America (except Clauses 16, 17 and 22)
Israel (except Clauses 5 and 17)	Yugoslavia (Clauses 8, 9, 13, 15, 21 and 22)
Italy (except Clause 22)	

The next edition of Publication 251 is to be in the form of separate booklets, each containing a test or a small group of tests.

Other IEC publications quoted in this standard

- Publications Nos. 172: Test Procedure for the Evaluation of the Thermal Endurance of Enamelled Wire by the Lowering of the Electric Strength between Twisted Wires.
182: Basic Dimensions of Winding Wires.
251: Methods of Test for Winding Wires.
264: Packaging of Winding Wires.
317: Specifications for Particular Types of Winding Wires.

* The reference to carbontetrachloride as degreasing solvent has been replaced by a reference to "a solvent which does not affect the enamel"; this change was influenced by recent knowledge of increased toxicity of carbontetrachloride.

MÉTHODES D'ESSAI DES FILS DE BOBINAGES

Première partie: Fils émaillés à section circulaire

INTRODUCTION

La présente norme constitue l'un des éléments d'une série traitant des fils isolés utilisés dans les enroulements des appareils électriques. Cette série comporte quatre groupes définissant respectivement:

- 1) Les dimensions de base (Publication 182 de la CEI: Dimensions de base des fils de bobinage).
- 2) Les méthodes d'essai (Publication 251 de la CEI: Méthodes d'essai des fils de bobinages).
- 3) Les spécifications pour des types particuliers de fils (Publication 317 de la CEI: Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage).
- 4) Le conditionnement (Publication 264 de la CEI: Conditionnement des fils de bobinage).

1. Domaine d'application

La présente norme concerne les méthodes d'essai des fils de bobinages émaillés de section circulaire.

2. Objet

Normaliser des méthodes d'essai et de mesure applicables aux fils de bobinages à section circulaire en vue de déterminer la conformité aux conditions requises pour leurs caractéristiques.

3. Notes générales concernant les essais

Sauf spécification contraire, tous les essais sont effectués à une température comprise entre 15 °C et 35 °C et une humidité relative de 45% à 75%. Avant exécution des mesures, le fil est préconditionné sous ces conditions atmosphériques pendant un temps suffisant pour qu'il atteigne la stabilité.

Le fil* à essayer est 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.

Toutes les conditions obligatoires pour une méthode d'essai sont normalement indiquées dans le texte. Les dessins ont seulement pour but de représenter une disposition possible pour conduire l'essai.

En cas de divergences entre la feuille de spécification, Publication 317 de la CEI, et la présente norme, la feuille de spécification prévaut.

* Lorsque le terme *fil* est utilisé, il indique le produit isolé à l'état de livraison; lorsque le terme *conducteur* est utilisé, il indique le métal nu après enlèvement de l'isolant.

METHODS OF TEST FOR WINDING WIRES

Part 1: Enamelled round wires

INTRODUCTION

This standard is one of a series which deals with insulated wires used for windings of electrical equipment. The series has four groups describing:

- 1) Basic dimensions (IEC Publication 182, Basic Dimensions of Winding Wires).
- 2) Methods of test (IEC Publication 251, Methods of Test for Winding Wires).
- 3) Specifications for particular types of wire (IEC Publication 317, Specifications for Particular Types of Winding Wires).
- 4) Packaging (IEC Publication 264, Packaging of Winding Wires).

1. Scope

This standard relates to methods of test for enamelled round winding wires.

2. Object

To standardize methods for testing and measuring round winding wires to determine conformity with established performance requirements for their properties.

3. General notes on tests

Unless otherwise specified, all tests shall be carried out within a range of 15 °C to 35 °C and a relative humidity of 45% to 75%. Before measurements are made, the specimens shall be preconditioned under these atmospheric conditions for a time sufficient to allow the wire 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 to unnecessary bends. Before each test, discard sufficient wire to ensure that any damaged wire is not included in the test specimens.

Normally all mandatory requirements for a method of test are given in the description, and diagrams are intended only to illustrate one possible arrangement for conducting the test.

In case of inconsistencies between the specification sheet, IEC Publication 317, and this standard, the specification sheet shall prevail.

* Where the word *wire* is used, it means the insulated material as received; where the word *conductor* is used, it means the bare metal after removal of the insulation.

4. Dimensions

4.1 Appareil de mesure

4.1.1 Diamètres nominaux jusqu'à 0,02 mm

A l'étude.

4.1.2 Diamètres nominaux supérieurs ou égaux à 0,02 mm

La mesure est effectuée avec une précision supérieure à 2 μm . Si on se sert d'un micromètre, on s'assure que la force, lors de la mesure, est dans la gamme de 0,75 N à 1,25 N. Les touches du micromètre doivent avoir un diamètre de 5 mm à 8 mm.

En variante, pour les fils de diamètre supérieur à 0,5 mm on peut avoir une force de 1 N à 3 N.

4.2 Diamètre extérieur du fil

On effectue trois mesures également réparties sur la circonférence du fil en deux points distants de 1 m l'un de l'autre.

La moyenne des six mesures est considérée comme «diamètre extérieur».

4.3 Diamètre du conducteur*

Par un moyen qui n'endommage pas le conducteur, on enlève l'isolant en deux points situés à 1 m l'un de l'autre.

Trois mesures sont effectuées également réparties sur la circonférence du conducteur en ces deux points.

La moyenne des six mesures sur le diamètre nu est considérée comme «diamètre du conducteur».

4.4 Ovalisation du conducteur

L'ovalisation est définie comme étant la plus grande différence entre les diamètres maximal et minimal pour chaque section droite, comme déterminés au paragraphe 4.3.

4.5 Accroissement de diamètre dû à l'isolant

La différence entre le diamètre extérieur, déterminé selon les modalités du paragraphe 4.2, et le diamètre du conducteur, déterminé selon les modalités du paragraphe 4.3, est appelée «accroissement de diamètre dû à l'isolant».

* Pour la détermination des diamètres dans la feuille de spécification, on applique le tableau suivant:

Diamètre nominal (mm)	Procédé de mesure
$d < 0,071$ $0,071 \leq d \leq 1$ $d > 1$	Résistance Résistance et dimension Dimension

4. Dimensions

4.1 Measuring equipment

4.1.1 Nominal diameter up to 0.02 mm

Under consideration.

4.1.2 Nominal diameter over and including 0.02 mm

The measurement shall be made with an accuracy better than 2 μm . If a micrometer is used, it shall be ensured that the measuring force is in the range of 0.75 N to 1.25 N. The spindle and the anvil of the micrometer shall have a diameter of 5 mm to 8 mm.

Alternatively, for nominal diameter over 0.5 mm, a force of 1 N to 3 N may be used.

4.2 Over-all diameter

Three measurements shall be made evenly distributed around the circumference of the wire at each of two places 1 m apart.

The mean value of the six results shall be reported as “over-all diameter”.

4.3 Conductor diameter*

The insulation shall be removed at two places 1 m apart by any method that does not damage the conductor.

Three measurements shall be made evenly distributed around the circumference of the conductor at these places.

The mean value of the six results for the bare diameter shall be reported as “conductor diameter”.

4.4 Out-of-roundness of the conductor

The out-of-roundness is defined as the greatest difference between the maximum and the minimum readings at each cross-section, as determined according to Sub-clause 4.3.

4.5 Increase in diameter due to the insulation

The difference between the over-all diameter, as determined according to Sub-clause 4.2, and the conductor diameter, as determined according to Sub-clause 4.3, shall be reported as “increase in diameter due to insulation”.

* For determination of diameter in specification sheets, the following applies:

Nominal diameter (mm)	Measurement
$d < 0.071$	Resistance
$0.071 \leq d \leq 1$	Resistance and dimension
$d > 1$	Dimension

5. Résistance électrique

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

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

Un seul essai est effectué.

6. Allongement

6.1 Diamètres nominaux jusqu'à 0,02 mm

A l'étude

6.2 Diamètres nominaux supérieurs ou égaux à 0,02 mm

L'allongement est mesuré sur un appareil d'allongement ou sur une machine d'essai de traction. La longueur libre d'essai doit être comprise entre 200 mm et 250 mm.

La vitesse d'allongement de l'éprouvette doit être de 5 mm/s $\pm$ 20%. L'allongement est exprimé en pourcentage de la longueur libre essayée.

On effectue trois mesures et l'on prend comme valeur d'allongement la moyenne des valeurs obtenues.

7. Effet de ressort

7.1 Diamètres nominaux compris entre 0,05 mm et 1,6 mm

7.1.1 Méthode d'essai

Une longueur de fil est enroulée sur un mandrin de façon à former cinq spires. La feuille de spécification particulière donne le diamètre du mandrin et la traction qui doit être appliquée. On mesure la grandeur du retour de l'extrémité des cinq spires.

7.1.2 Appareil d'essai

La disposition générale de l'appareil d'essai est décrite à la figure 1, page 52. Les détails du mandrin sont représentés au tableau I et à la figure 2, page 52. (Une gorge en hélice, comme indiqué à la figure 2, peut être utilisée pour faciliter l'enroulement mais son usage est facultatif.)

Le cadran porte 72 divisions équidistantes de façon que le retour soit lu directement. Le nombre lu correspond au nombre de degrés du retour pour chaque tour.

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%.

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:

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

where:

t = actual temperature in Celsius degrees during the measurement

α = temperature coefficient

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

One measurement shall be made.

6. Elongation

6.1 Nominal diameter up to 0.02 mm

Under consideration.

6.2 Nominal diameter over and including 0.02 mm

The elongation shall be measured with an elongation tester or a tensile test machine. The free measuring length shall be between 200 mm and 250 mm.

The specimen shall be stretched at a rate of 5 mm/s $\pm$ 20%. The elongation shall be expressed as a percentage of the free measuring length.

Three measurements shall be made and the mean value reported as “elongation”.

7. Springiness

7.1 Nominal diameter over 0.05 mm up to and including 1.6 mm

7.1.1 Method of test

A specimen of wire is wound five times round a mandrel with a diameter specified in the relevant specification sheet under a tension also given there. The amount by which the end of the five turns recoils is measured.

7.1.2 Test apparatus

The general arrangement of the test apparatus is shown in Figure 1, page 52. The details of the mandrel are given in Table I and in Figure 2, page 52. (A helical groove, as indicated in Figure 2 may be used to facilitate winding, but the use of this groove is optional.)

The dial is marked with 72 equally spaced divisions so that the spring-back is read directly. The number read corresponds to the number of degrees each turn springs back.

7.1.3 Mode opératoire

Le mandrin du dispositif d'essai conforme à la feuille de spécification particulière doit être monté à axe horizontal, il est verrouillé dans cette position, de façon que la rainure (ou le trou) d'attache du fil (et le départ de la gorge hélicoïdale, le cas échéant) corresponde(nt) au repère zéro du cadran.

Le mandrin doit être talqué pour empêcher le fil de coller à la surface du mandrin.

La charge spécifiée est attachée à une des extrémités du fil, d'une longueur d'environ 1 m. Le système mandrin-manivelle est déverrouillé afin qu'il tourne librement. L'autre extrémité du fil est engagée dans la rainure ou dans le trou de façon qu'il traverse suffisamment le mandrin pour être fixé. L'extrémité est recourbée pour qu'elle puisse être solidement attachée au mandrin. La charge doit être abaissée doucement pour appliquer la traction au fil. Celui-ci descend alors verticalement au-dessous du mandrin, le repère zéro du cadran et la rainure ou le trou pointant verticalement vers le bas.

L'extrémité libre du fil ayant été attachée solidement, le mandrin doit être entraîné dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (le cadran étant vu de face) au moyen de la manivelle, de façon à former cinq spires complètes du fil sur le mandrin (ou dans la gorge le cas échéant).

Le mandrin doit être entraîné jusqu'à ce que le zéro du cadran soit tourné verticalement vers le haut. Il est alors verrouillé dans cette position. Le fil est maintenu en place sur le mandrin et la charge enlevée. Le fil doit être coupé à environ 25 mm au-delà de l'extrémité de la cinquième spire. Ces 25 mm doivent être pliés à la verticale devant le zéro du cadran pour faire office d'aiguille.

On doit placer un crayon à gauche de l'élément de fil vertical pour empêcher tout retour en arrière soudain. On doit laisser ensuite la bobine se dérouler lentement, sans à-coups. Si le fil se détend brusquement, les résultats obtenus sont erronés.

Le mandrin et le cadran sont alors libérés et entraînés pour amener de nouveau l'aiguille vers le haut. Le bas de la bobine peut être doucement soulevé une ou deux fois avec le doigt pour s'assurer que la détente est complète.

La lecture du cadran avec l'aiguille indique l'effet de ressort du fil.

Dans le cas d'un fil très nerveux, l'aiguille peut faire plus d'un tour. Il est alors nécessaire d'ajouter 72 à la lecture sur le cadran pour chaque révolution complète.

TABEAU I

Diamètre d'enroulement (à fond de gorge le cas échéant)	Dimension*				Profondeur des gorges*	Largeur des gorges*
	a	b	c	d	e	f
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
3,0	6,0	6,0	30	0,25	0,04	0,15
5,0	6,0	7,5	32	0,25	0,08	0,30
7,0	6,0	9,0	34	0,40	0,12	0,50
10,0	6,0	9,0	34	0,60	0,16	0,70
12,5	6,0	9,0	40	0,80	0,20	0,80
19,0	10,0	11,0	45	1,20	0,30	1,20
25,0	12,5	12,5	45	2,00	0,15	0,75
37,5	12,5	14,5	47	2,40	0,25	1,25
50,0	12,5	17,5	50	2,80	0,40	2,00

* Voir la figure 2, page 52.

7.1.3 Test procedure

The apparatus shall be mounted with the mandrel given in the relevant specification sheet locked in position with its axis horizontal, and so that the slot (or hole) for fastening the wire (and commencement of the helical groove, if used) correspond with “zero” of the dial.

The mandrel shall be dusted with powdered talc (french chalk) to prevent the wire clinging to the mandrel.

The specified load is attached to one end of the specimen of wire of about 1 m long. The handle is unlatched for free rotation. The other end of the wire is inserted into the slot or hole so that sufficient wire projects on the other side of the mandrel. The end is bent over to enable it to be held firmly to the mandrel. The weight shall be lowered carefully to apply tension to the wire. The wire is then hanging vertically below the mandrel with the dial zero and the slot or hole pointing vertically downward.

The free end of the wire being held securely, the mandrel shall be rotated anti-clockwise (looking at the face of the dial) by means of the handle, until five complete turns have been wound onto the mandrel (or into the groove, if used).

The mandrel shall be rotated further until the dial zero is vertically upwards and shall then be latched in this position. The wire shall be held in place on the mandrel, the load shall be removed and the wire shall be cut about 25 mm beyond the end of the fifth turn. This short piece of wire at the end of the fifth turn shall be bent into a vertical position in line with the dial zero to act as a pointer.

A pencil shall be placed to the left of the vertical piece of wire to prevent any sudden springback. The coil shall then be allowed to unwind slowly without jerking. If the wire springs back suddenly, erroneous results are obtained.

The mandrel and the dial are then unlatched and rotated to bring the pointer vertically upwards again. The bottom of the coil may be gently lifted once or twice with a finger to ensure that springback is complete.

The reading on the dial in line with the pointer indicates the springiness of the wire.

In the case of very springy wires, the pointer may recoil more than one complete revolution. It is then necessary to add 72 to the dial reading for each completed revolution of recoil.

TABLE I

Mandrel diameter (to bottom of groove where used)	Dimension*				Depth of groove*	Width of groove*
	a	b	c	d	e	f
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
3.0	6.0	6.0	30	0.25	0.04	0.15
5.0	6.0	7.5	32	0.25	0.08	0.30
7.0	6.0	9.0	34	0.40	0.12	0.50
10.0	6.0	9.0	34	0.60	0.16	0.70
12.5	6.0	9.0	40	0.80	0.20	0.80
19.0	10.0	11.0	45	1.20	0.30	1.20
25.0	12.5	12.5	45	2.00	0.15	0.75
37.5	12.5	14.5	47	2.40	0.25	1.25
50.0	12.5	17.5	50	2.80	0.40	2.00

* See Figure 2, page 52.

7.2 Diamètres nominaux supérieurs à 1,6 mm

A l'étude.

8. Souplesse et adhérence

8.1 Essai d'enroulement sur mandrin

Une éprouvette est constituée par une longueur de fil enroulée de façon à former dix spires jointives sur un mandrin métallique bien poli dont le diamètre est donné dans la feuille de spécification particulière.

La vitesse d'enroulement doit être de 1 tr/s à 3 tr/s, la traction exercée sur le fil étant telle que celui-ci soit maintenu en contact avec le mandrin et que l'enroulement soit effectué sans allongement ni torsion.

Si la feuille de spécification correspondante exige un pré-allongement (avant enroulement du fil sur le mandrin), une éprouvette d'une longueur de 200 mm à 250 mm entre mors est régulièrement allongée au pourcentage voulu, à une vitesse de 5 mm/s $\pm$ 20%.

Après enroulement, on examine l'éprouvette avec une loupe en vue de déceler les craquelures* éventuelles avec un grossissement:

- de 10 à 15 pour les diamètres nominaux inférieurs ou égaux à 0,04 mm;
- de 6 à 10 pour les diamètres nominaux supérieurs à 0,04 mm jusqu'à 0,5 mm inclus;
- à l'œil nu et jusqu'au grossissement 6, pour les diamètres nominaux supérieurs à 0,5 mm.

Trois essais sont effectués.

8.2 Essais d'allongement

Une éprouvette ayant une longueur comprise entre 200 mm et 250 mm entre les mordaches de la machine d'essai est allongée au pourcentage voulu à une vitesse de 5 mm/s $\pm$ 20% à valeur spécifiée.

Après allongement, l'éprouvette est examinée en vue de déceler les craquelures éventuelles ou pertes d'adhérence sous un grossissement:

- de 10 à 15 pour les diamètres nominaux inférieurs ou égaux à 0,04 mm;
- de 6 à 10 pour les diamètres nominaux supérieurs à 0,04 mm jusqu'à 0,5 mm inclus;
- à l'œil nu et jusqu'au grossissement 6, pour les diamètres nominaux supérieurs à 0,5 mm.

Trois essais sont effectués.

8.3 Essai de traction brusque

Une éprouvette ayant une longueur de 250 mm entre les mordaches de l'appareil d'essai, représenté par la figure 3, page 53, est étirée brusquement jusqu'à rupture ou jusqu'à allongement indiqué dans la feuille de spécification particulière.

L'éprouvette est examinée en vue de déceler les craquelures ou pertes d'adhérence sous un grossissement:

* Une «craquelure» est une fente dans l'isolant qui rend visible le conducteur nu sous un grossissement donné.

7.2 Nominal diameter over 1.6 mm

Under consideration.

8. Flexibility and adherence

8.1 Mandrel winding test

A specimen of wire shall be wound for ten contiguous turns round a polished mandrel of the diameter given in the relevant specification sheet.

The mandrel shall be rotated between 1 rev/s and 3 rev/s, the tension of the wire being just sufficient to keep it in contact with the mandrel. Elongation or twisting of the wire shall be avoided.

If the relevant specification sheet calls for pre-stretching (before the wire is wound on the mandrel), a specimen of wire 200 mm to 250 mm long between grips shall be stretched to the specified percentage at a rate of 5 mm/s $\pm$ 20%.

After winding, the specimen shall be examined for cracks* under a magnification of:

- 10 to 15 times for nominal diameters up to and including 0.04 mm;
- 6 to 10 times for nominal diameters over 0.04 mm up to and including 0.5 mm;
- normal vision or up to 6 times for nominal diameters over 0.5 mm.

Three tests shall be made

8.2 Stretching test

A specimen of wire having a length of 200 mm to 250 mm between grips shall be stretched to the specified percentage at a rate of 5 mm/s $\pm$ 20%.

After stretching, the specimen shall be examined for cracks or loss of adhesion under a magnification of:

- 10 to 15 times for nominal diameters up to and including 0.04 mm;
- 6 to 10 times for nominal diameters over 0.04 mm up to and including 0.5 mm;
- normal vision or up to 6 times for nominal diameters over 0.5 mm.

Three tests shall be made.

8.3 Jerk test

A specimen of wire having a length of 250 mm between the clamps of the testing apparatus, shown in Figure 3, page 53, shall be suddenly stretched to the breaking point or to an elongation given in the relevant specification sheet.

The specimen shall be examined for cracks or loss of adhesion under a magnification of:

* A "crack" is an opening in the insulation which exposes the bare conductor to view at the stated magnification.

- de 10 à 15 pour les diamètres nominaux inférieurs ou égaux à 0,04 mm;
- de 6 à 10 pour les diamètres nominaux supérieurs à 0,04 mm jusqu'à 0,5 mm inclus;
- à l'œil nu et jusqu'au grossissement 6, pour les diamètres nominaux supérieurs à 0,5 mm.

Il n'est pas tenu compte des parties situées à moins de 2 mm du point de rupture.

Trois essais sont effectués.

8.4 Essai de torsion

Une éprouvette d'une longueur d'environ 600 mm est placée dans l'appareil d'essai (voir la figure 4a, page 54) consistant en deux dispositifs de fixation distants de 500 mm sur le même axe. L'un de ces dispositifs peut tourner, l'autre ne peut tourner, mais peut se déplacer suivant l'axe; ce deuxième dispositif est chargé suivant le tableau II pour appliquer une traction au fil lorsque ce dernier tourne.

Au moyen d'un grattoir comme celui de la figure 4c, page 54, l'émail est enlevé sur des génératrices opposées du fil jusqu'au conducteur nu. La pression doit être suffisante pour enlever l'émail et donner une surface propre et lisse (en particulier à la limite émail/cuivre) sans enlever une quantité appréciable de cuivre. L'enlèvement de l'émail ne doit pas s'étendre jusqu'aux dispositifs de fixation, mais commencer à environ 10 mm de chacun d'eux.

Le dispositif de fixation tournant doit être actionné à une vitesse comprise entre 60 tr/min et 100 tr/min jusqu'à ce que le nombre de tours spécifié soit atteint.

Le nombre de tours est calculé en divisant le nombre «K» donné dans la feuille de spécification par le diamètre nominal d_{nom} exprimé en millimètres. Le nombre de tours calculé est arrondi au nombre entier immédiatement inférieur.

$$R = \text{nombre entier} \left(\frac{K}{d_{nom}} \right)$$

L'éprouvette est alors examinée:

- au point de vue souplesse de la couche d'émail (craquelures spontanées), et
- au point de vue adhérence de l'émail.

L'émail qui peut être enlevé du fil sans difficulté (par exemple avec l'ongle du pouce) doit être considéré comme ayant perdu son adhérence même s'il ne se montre pas complètement détaché du fil.

Un seul essai est effectué.

TABLEAU II

Diamètre nominal (mm)		Charge (N)
De	Jusqu'à et y compris	
1,00	1,40	25
1,40	1,80	40
1,80	2,24	60
2,24	2,80	100
2,80	3,55	160
3,55	4,50	250
4,50		400

- 10 to 15 times for nominal diameters up to and including 0.04 mm;
- 6 to 10 times for nominal diameters over 0.04 mm up to and including 0.5 mm;
- normal vision or up to 6 times for nominal diameters over 0.5 mm.

The distance of 2 mm from the broken ends shall be disregarded.

Three tests shall be made

8.4 Peel test

A specimen of wire of about 600 mm length shall be placed in a test apparatus shown in Figure 4a, page 54, consisting of two fixing devices 500 mm apart on the same axis. One of these is able to rotate. The other cannot rotate but can be displaced axially; the latter is loaded according to Table II to apply tension to the rotating wire.

By means of a scraper as shown in Figure 4c, page 54, the enamel is removed on opposite sides of the wire down to the bare conductor. The pressure shall be sufficient to remove the enamel and leave a clean smooth surface (particularly at the enamel/copper interface), without removing any significant quantity of copper. The removal of the enamel shall not extend to the fixing devices, but shall commence about 10 mm from them.

The rotating fixing device shall be driven at a speed of between 60 rev/min and 100 rev/min until the number of revolutions required has been reached.

This number of revolutions is calculated by dividing “ K ”, given in the relevant specification sheet by the nominal diameter d_{nom} (in millimetres) and deleting any resulting fraction of a revolution:

$$R = \text{integer} \left(\frac{K}{d_{nom}} \right)$$

The specimen shall then be examined:

- for enamel flexibility (spontaneous cracks), and
- for adhesion of the enamel.

Enamel which can be removed without difficulty from wire (e.g. with the thumbnail) shall be considered to have lost its adhesion even if it has not become completely detached from the wire.

One test shall be made.

TABLE II

Nominal diameter (mm)		Load (N)
Over	Up to and including	
1.00	1.40	25
1.40	1.80	40
1.80	2.24	60
2.24	2.80	100
2.80	3.55	160
3.55	4.50	250
4.50		400

9. Essai de choc thermique

L'éprouvette est préparée conformément aux dispositions

- du paragraphe 8.1 (diamètres inférieurs ou égaux à 1,6 mm);
- du paragraphe 8.2 (diamètres supérieurs à 1,6 mm);
- comme spécifié dans la feuille de spécification particulière.

L'éprouvette est introduite dans une étuve à circulation d'air forcée, chauffée électriquement. Elle est maintenue 30 min dans cette étuve dont la température a été portée préalablement à la valeur donnée dans la feuille de spécification particulière.

Après avoir retiré l'éprouvette de l'étuve, on la laisse refroidir à la température ambiante; elle est examinée en vue de déceler les craquelures éventuelles sous un grossissement:

- de 10 à 15 pour les diamètres nominaux inférieurs ou égaux à 0,04 mm;
- de 6 à 10 pour les diamètres nominaux supérieurs à 0,04 mm jusqu'à 0,5 mm inclus;
- à l'œil nu et jusqu'au grossissement 6, pour les diamètres nominaux supérieurs à 0,5 mm.

Trois essais sont effectués.

10. Essai de thermoplasticité

10.1 Méthode d'essai

Une éprouvette est constituée par deux longueurs de fil se croisant à angle droit, qui sont placées dans un appareil comportant un bloc préchauffé à une température déterminée.

Après un certain temps qui est nécessaire pour que l'éprouvette atteigne la température du bloc et qui dépend du diamètre du fil, une charge est appliquée au point de croisement.

Une tension alternative est appliquée entre les fils en vue d'indiquer un contact entre les conducteurs.

Pendant la durée d'application de la charge, aucune perforation de l'émail ne doit se produire du fait de la thermoplasticité de l'émail à cette température.

10.2 Procédure d'essai

Deux longueurs de fils sont redressées avec un léger allongement (1% maximum) et sont introduites dans le dispositif d'essai de compression (voir la figure 5, page 55) préalablement chauffé et porté à la température donnée par la feuille de spécification particulière. Les fils sont placés dans l'appareil de façon qu'ils se croisent à angle droit. Le point de croisement doit se trouver exactement sous le centre du piston.

Dans le cas de fils ayant un diamètre nominal inférieur à 0,20 mm, deux fils sont placés parallèlement côte à côte et sous un troisième fil croisant les deux premiers à angle droit, les points de croisement étant symétriques par rapport à l'axe du piston.

Après que l'éprouvette a séjourné dans l'appareil d'essai pendant le temps spécifié au tableau III, la charge spécifiée au tableau IV est appliquée au fil supérieur au moyen du piston. La charge doit être appliquée sans heurts; aussitôt après application de la charge, une tension alternative de 100 ± 10 V est appliquée entre le fil supérieur et le fil inférieur dans un but d'information. Si deux fils inférieurs sont utilisés, ils sont connectés ensemble.

9. Heat shock

A specimen shall be prepared in accordance with

- Sub-clause 8.1 for nominal diameters up to and including 1.6 mm;
- Sub-clause 8.2 for nominal diameters over 1.6 mm, or
- as specified in the relevant specification sheet.

The specimen is put into a hot electrically heated forced-air-circulated oven having a temperature as given in the relevant specification sheet for a period of 30 min.

After removal from the oven, the specimen shall be allowed to cool to room temperature and then shall be examined for cracks under a magnification of:

- 10 to 15 times for nominal diameters up to and including 0.04 mm,
- 6 to 10 times for nominal diameters over 0.04 mm up to and including 0.5 mm,
- normal vision or up to 6 times for nominal diameters over 0.5 mm.

Three tests shall be made.

10. Cut-through test

10.1 Method of test

Two specimens of the wire are placed on a pre-heated block in the apparatus, pre-heated to the specified temperature, so that they cross each other at right angles.

After some time which is necessary for the specimens to reach the temperature of the apparatus, and which depends on the diameter of the wire, a load is applied to the crossing point.

An alternating voltage is applied between the wires to indicate contact of the conductors.

During the period for which the load is applied, no cut-through shall occur due to the thermoplasticity of the enamel at this temperature.

10.2 Test procedure

Two specimens of the wire shall be straightened by slight elongation (maximum 1%) and inserted into the pre-heated compression testing apparatus, shown in Figure 5, page 55 which is at the temperature given in the relevant specification sheet. The two specimens shall be placed in the apparatus so that they cross each other at right angles. The crossing point shall lie centrally under the piston.

In the case of wires of a nominal diameter less than 0.20 mm, two specimens shall be placed parallel, side by side, and a third one shall be placed at right angles across the top of the first two. The crossing points shall be symmetrical about the axis of the piston.

After the specimens have been in the apparatus for the time specified in Table III, the load specified in Table IV shall be gently applied to the upper specimen by means of the piston. An alternating voltage of 100 ± 10 V shall be used for indicating purposes. Immediately after the load has been put on, this voltage shall be applied between the upper and lower specimens; where two lower specimens are used, these shall be connected together.

Le circuit est équipé d'un instrument qui indique le moment où la perforation de l'isolation est telle qu'un courant d'environ 5 mA s'établit. Un rhéostat limiteur d'intensité peut être incorporé au circuit de manière à empêcher l'établissement d'un courant excessif (par exemple supérieur à 50 mA).

L'appareil doit être tel que, pendant l'essai, la température mesurée aussi près que possible du point de croisement des fils ne diffère pas de plus de 2 °C de la valeur spécifiée.

La charge et la tension sont appliquées pendant 120 s.

Trois essais sont effectués.

TABLEAU III

Diamètre nominal (mm)		Temps entre l'introduction et l'application de la charge (min)
De	Jusqu'à et y compris	
1	1	1
2	2	2
3	3	3
		5

TABLEAU IV

Diamètre nominal (mm)		Charge (N)
De	Jusqu'à et y compris	
0,020	0,032	0,25
0,032	0,050	0,40
0,050	0,080	0,70
0,080	0,125	1,25
0,125	0,200	2,20
0,200	0,315	2,20
0,315	0,500	4,50
0,500	0,800	9,00
0,800	1,250	18,00
1,250	2,000	36,00
2,000		70,00

11. Résistance à l'abrasion

La résistance à l'abrasion doit être mesurée à l'aide d'un appareil pour essai d'abrasion unidirectionnelle, décrit à la figure 6, page 56.

11.1 Méthode d'essai

Une éprouvette de fil est essuyée à l'aide d'un linge propre, placée dans l'appareil et redressée par un léger allongement (maximum 1%). L'éprouvette doit alors être fixée par les mors et l'enclume support amenée au contact de l'éprouvette.

The circuit shall be so designed that an indication is given when a current of approximately 5 mA flows between the wires. A limiting resistance may be included in the circuit to avoid excessive current (e.g. greater than 50 mA).

The apparatus shall be such that, during the test, the temperature measured as near as possible to the crossing point of the specimens shall not vary by more than 2 °C from the specified value.

Load and voltage shall be applied for 120 s.

Three tests shall be made.

TABLE III

Nominal diameter (mm)		Time from inserting until loading (min)
Over	Up to and including	
1	1	1
2	2	2
3	3	3
		5

TABLE IV

Nominal diameter (mm)		Load (N)
Over	Up to and including	
0.020	0.032	0.25
0.032	0.050	0.40
0.050	0.080	0.70
0.080	0.125	1.25
0.125	0.200	2.20
0.200	0.315	2.20
0.315	0.500	4.50
0.500	0.800	9.00
0.800	1.250	18.00
1.250	2.000	36.00
2.000		70.00

11. Resistance to abrasion

The resistance to abrasion shall be measured by means of the unidirectional scrape test with an apparatus such as shown in Figure 6, page 56.

11.1 Method of test

A specimen of wire shall be wiped with a clean cloth, placed in the apparatus and straightened by slight elongation (maximum 1%). The specimen shall then be secured in the clamping jaws, and the supporting anvil adjusted to contact the specimen.

Une charge, inférieure à 90% de la charge minimale de rupture spécifiée dans la feuille particulière appropriée, est appliquée au dispositif d'abrasion. Cette charge initiale est notée. Le dispositif d'abrasion chargé est appliqué doucement sur la surface du revêtement et le mécanisme est mis en mouvement.

La charge doit être augmentée jusqu'à ce que le conducteur soit mis à nu et que le mécanisme s'arrête. On lit la valeur indiquée sur la règle graduée placée à la partie inférieure du fléau. Le produit de la valeur indiquée par la charge initiale est la charge de rupture.

L'essai est répété deux fois en faisant tourner le fil autour de son axe de 120° et 240° de la position initiale. On note les résultats et on calcule la moyenne des trois valeurs.

11.2 Appareil d'essai

L'appareil réalise l'abrasion dans une seule direction à raison de 400 mm ($\pm 10\%$) par minute. La longueur du fléau est de 250 mm environ.

Le dispositif d'abrasion chargé est constitué d'une corde à piano poile ou d'une aiguille de diamètre $0,23 \pm 0,01$ mm, placée entre deux mors qui maintiennent la corde à piano ou l'aiguille de façon rigide sans déformation ou courbure et à angle droit de la direction du mouvement. L'abrasion se fait dans la direction de l'axe du fil à essayer.

La charge appliquée doit être telle que le conducteur est mis à nu à une distance comprise entre 150 mm et 200 mm du point fixe du pivot.

Le fil à essayer est maintenu entre deux mors sur l'enclume-support qui est abaissée pendant que l'éprouvette est mise en place dans les mors et redressée. L'enclume est alors amenée au contact de l'éprouvette pour la supporter.

Une tension de $6,5 \pm 0,5$ V doit être appliquée entre le conducteur et la corde à piano ou l'aiguille; le courant de court-circuit doit être limité à 20 mA, par exemple au moyen d'une résistance en série ou d'un relais.

Le circuit est réglé de façon à détecter un défaut du revêtement et à arrêter l'appareil quand le revêtement est enlevé et le conducteur mis à nu sur environ 3 mm.

L'appareil comporte sur la partie inférieure du fléau une échelle graduée qui indique le facteur par lequel la charge initiale doit être multipliée pour donner la «charge de rupture».

12. Essai aux solvants

12.1 Solvants

L'essai doit être effectué en utilisant:

- le solvant standard spécifié ci-dessous, ou
- un solvant agréé entre l'acheteur et le fournisseur.

Le solvant standard sera:

- 60% en volume de white spirit contenant au maximum 18% d'aromatiques;
- 30% en volume de xylène;
- 10% en volume de butanol.

Not more than 90% of the minimum force to failure specified in the relevant specification sheet shall be applied to the scraping device. This initial load shall be recorded. The weighted scraping device shall be lowered gently onto the surface of the enamel and the scraping action started.

The load shall be increased until the conductor is exposed and the device stops. The value at which the machine is shut off shall be read on the graduated scale on the lower edge of the lever. The product of this value and the initial load applied shall be recorded as the force to failure.

The test procedure shall be repeated twice, indexing around the periphery of the wire, once at 120° and once at 240° from the original position and the same information recorded. The three force to failure figures shall then be averaged.

11.2 Test apparatus

The apparatus shall provide a scraping action in one direction only at a rate of 400 mm ($\pm 10\%$) per minute. The length of the lever shall be approximately 250 mm.

The weighted scraping device shall contain a polished piano wire or a needle with a diameter of 0.23 ± 0.01 mm, located between two jaws which support the piano wire or needle rigidly, without sagging or curvature, at right angles to the direction of stroke. The stroke shall be in one direction along the axis of the wire to be tested.

The load shall be such that the conductor is exposed at a point between 150 mm and 200 mm from the fixed pivot point.

The wire to be tested shall be held securely between two clamping jaws over the supporting anvil which shall be lowered while the specimen is inserted into the jaws and straightened. The anvil shall then be raised to contact and support the specimen.

A voltage of 6.5 ± 0.5 V shall be applied between the conductor and the piano wire or needle scraper, and the short-circuit current shall be limited to 20 mA, for instance by means of a series resistor or a relay.

The circuit shall be so designed that failure of the enamel is detected and the apparatus stopped when the enamel is removed and the bare conductor exposed for approximately 3 mm.

The apparatus shall be equipped with a graduated scale on the lower edge of the lever which indicates the factor by which the initial load is multiplied to determine the “force to failure”.

12. Solvent test

12.1 Solvents

The test shall be carried out by using:

- the standard solvent, specified below, or
- a solvent as agreed between purchaser and supplier.

The standard solvent shall be:

- 60% by volume white spirit with maximum aromatic content of 18%;
- 30% by volume xylene;
- 10% by volume butanol.

12.2 Méthode d'essai

Une longueur de fil dressée d'environ 15 cm de long est chauffée pendant 10 min à 130 °C.

On utilise un récipient cylindrique en verre contenant assez de solvant pour immerger une partie substantielle de l'éprouvette essayée. La température du solvant doit être de 60 ± 3 °C. L'éprouvette est plongée pendant 30 min dans le solvant dont la température pendant l'essai est maintenue dans les limites prévues.

Après traitement, l'éprouvette est sortie du solvant et la dureté de l'isolant est déterminée par une dureté-crayon. Le temps écoulé entre la sortie du solvant et l'essai ne doit pas dépasser 30 s, sans quoi on pourrait obtenir des résultats erronés.

Avant chaque essai, la pointe du crayon utilisé est affûtée avec une lime douce pour former un angle de 60° symétriquement par rapport à l'axe de la mine (voir la figure 7, page 57).

L'éprouvette à essayer est fixée fermement sur une plaque de verre (voir la figure 7) et la mine du crayon de la dureté prévue dans la feuille de spécification correspondante est placée suivant un angle de 60° sur la surface du fil. La pointe affûtée du crayon est pressée lentement le long de la surface du fil avec une force d'environ 5 N.

Trois essais sont effectués. L'email ne doit pas être enlevé jusqu'au conducteur au cours de l'un quelconque des trois essais.

Notes 1. — Cette méthode peut être employée pour vérifier la résistance à d'autres fluides, par exemple à l'huile.

2. — Si on désire déterminer la dureté de l'isolant, l'indice de dureté de l'email est pris égal à celui de la mine de plus grande dureté avec laquelle on ne peut pas enlever l'email.

La série des duretés-crayon est la suivante:

6B	5B	4B	3B	2B	B	HB	H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

13. Tension de claquage

13.1 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 est supérieure ou égale à 2500 V, la vitesse de la montée en tension est approximativement de 500 V par seconde.

12.2 Method of test

A straight piece of wire, approximately 15 cm in length, shall be heated for 10 min at 130 °C.

A glass cylinder containing sufficient solvent to immerse a substantial portion of the test specimen is used. The temperature of the solvent shall be 60 ± 3 °C. The specimen shall be immersed for 30 min in the solvent, the temperature of which shall be maintained within the specified limits during testing.

After treatment, the specimen shall be removed from the solvent and the hardness of the insulation shall be determined as pencil hardness. The period between removal from the solvent and the test shall not exceed 30 s, otherwise erroneous results may be obtained.

Before each test, the point of the pencil shall be sharpened with a smooth-cut file to form an angle of 60° symmetrical about the axis of the lead as shown in Figure 7, page 57.

The specimen to be tested shall be firmly laid on a glass plate (see Figure 7) and the lead pencil with the hardness called for in the relevant specification sheet shall be placed on the surface of the wire at an angle of 60°. The sharpened edge of the pencil shall be pressed slowly along the surface of the wire with a force of approximately 5 N.

Three tests shall be made. The enamel shall not be removed down to the conductor in any one of the three.

Notes 1. — This method can also be used for testing resistance to other fluids such as oil.

2. — Where it is desired to determine the hardness of the insulation, the hardness of the lead pencil which just fails to remove the enamel from the surface of the conductor shall be taken as the hardness index of the insulation.

The pencil hardness series is as follows:

6B	5B	4B	3B	2B	B	HB	H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

13. Breakdown voltage

13.1 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-wave form, 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 wave form 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 breakdown voltage is equal to or greater than 2500 V, the rate-of-rise shall be approximately 500 V per second.

13.2 Diamètres nominaux jusqu'à et y compris 0,1 mm

13.2.1 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 la figure 8, page 58).

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 V, 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 13.1.

Cinq éprouvettes sont essayées.

TABLEAU V

Diamètre nominal (mm)	Force appliquée au fil (N)
0,0100 0,0112 0,0125 0,0140 0,0160 0,0180	A l'étude
0,020 0,025 0,032 0,040 0,050 0,063 0,071 0,080 0,090 0,100	0,015 0,025 0,040 0,060 0,100 0,150 0,200 0,250 0,300 0,400

13.2.2 Essai à température élevée

A l'étude.

13.3 Diamètres nominaux de 0,1 mm jusqu'à et y compris 2,5 mm

13.3.1 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 9, page 59. La force exercée sur les brins pendant la torsion et le nombre de tours sont donnés au tableau VI.

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 est appliquée entre les conducteurs conformément aux prescriptions du paragraphe 13.1.

Cinq éprouvettes sont essayées.

13.2 Nominal diameters up to and including 0.1 mm

13.2.1 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 8, page 58).

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 V, 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 13.1.

Five specimens shall be tested.

TABLE V

Nominal diameter (mm)	Force applied to the wire (N)
0.0100 0.0112 0.0125 0.0140 0.0160 0.0180	Under consideration
0.020 0.025 0.032 0.040 0.050 0.063 0.071 0.080 0.090 0.100	0.015 0.025 0.040 0.060 0.100 0.150 0.200 0.250 0.300 0.400

13.2.2 Test at elevated temperature

Under consideration.

13.3 Nominal diameters over 0.1 mm up to and including 2.5 mm

13.3.1 Test at room 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 9, page 59. The force (weight) applied to the wire pair while being twisted and the number of twists are given in Table VI.

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 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 13.1.

Five specimens shall be tested.

TABLEAU VI

Diamètre nominal (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

13.3.2 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 9, page 59. La force exercée sur les brins pendant la torsion et le nombre de tours sont donnés au tableau VI.

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 aigüe 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 est appliquée entre les conducteurs conformément aux prescriptions du paragraphe 13.1.

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

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

Cinq éprouvettes sont essayées.

13.4 Diamètres nominaux supérieurs à 2,5 mm

13.4.1 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 autour du fil doucement et solidement.

La tension est appliquée entre le conducteur et les feuilles métalliques des électrodes conformément aux prescriptions du paragraphe 13.1.

Cinq essais sont effectués sur une longueur de fil.

TABLE VI

Nominal 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

13.3.2 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 9, page 59. The force (weight) applied to the wire pair while being twisted and the number of twists are given in Table VI.

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 before shall be put in a forced-draught oven, preheated 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 13.1.

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

The test shall be completed within 30 min.

Five specimens shall be tested.

13.4 Nominal diameter over 2.5 mm

13.4.1 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 then be applied between conductor and foil electrodes according to Sub-clause 13.1.

Five tests shall be made on one specimen of wire.

13.4.2 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.

14. Continuité de l'isolation

Pour des raisons techniques, cet essai n'est applicable que pour des diamètres supérieurs ou égaux à 0,5 mm.

14.1 Appareil d'essai

L'essai est effectué en faisant passer une longueur de fil émaillé à travers un bain contenant du mercure propre.

Avant d'entrer dans le bain, le fil émaillé passe sur une poulie métallique à gorge en V parfaitement polie et tournant librement. Cette poulie a un diamètre de 25 mm au fond de la gorge. Cette gorge a un rayon de fond de 0,85 mm.

Pendant l'essai, le fil court dans le fond de la gorge sans venir en contact avec les côtés du «V». Il est en contact avec la poulie le long d'un arc de 75° .

Le fil passe à travers le bain de mercure (voir la figure 10, page 60) et, à l'entrée et à la sortie du bain, à travers les fentes recouvertes de peau de chamois produisant le minimum de frottement et disposées de manière à renvoyer le mercure dans le bain.

La longueur de fil immergée dans le mercure est de 60 mm environ.

14.2 Méthode d'essai

Une longueur de 30 m de fil émaillé est soumise à l'essai décrit ci-après.

Au cours de cet essai, la vitesse du fil dans le bain de mercure est de 30 cm/s. Il faut prendre soin de ne pas étirer le fil pendant l'essai.

Un deuxième essai doit être effectué sur une nouvelle longueur de fil si une mesure de résistance faite sur la première longueur qui n'a pas satisfait aux spécifications montre que la résistance s'est accrue de plus de 5%.

Une différence de potentiel de 24 V, en courant continu, pour les fils de diamètre jusqu'à et y compris 0,040 mm et de 50 V, en courant continu, pour les fils de diamètre supérieur à 0,040 mm est maintenue aux bornes du circuit constitué par le fil émaillé, le mercure du bain et un relais magnétique sensible, connectés en série de manière à détecter tout défaut de l'isolation du fil.

On utilise un relais magnétique convenable avec un compteur ayant une sensibilité telle que le compteur fonctionne lorsque la tension calibrée de 24 V ou 50 V est maintenue pendant 0,085 s à travers une résistance de 10 000 Ω .

Dans les mêmes conditions, le compteur ne doit pas fonctionner avec une résistance de 15 000 Ω dans le circuit ni lorsque la tension calibrée est maintenue pendant 0,05 s à travers la résistance de 10 000 Ω . Le relais et le compteur doivent fonctionner en 0,06 s avec une résistance de 500 Ω dans le circuit.

13.4.2 *Test at elevated temperature*

The specimen shall be prepared as for the test at room temperature, and placed in a suitable oven, already at 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.

14. **Continuity of covering**

This test is, for technical reasons, applicable for nominal diameters up to and including 0.5 mm only.

14.1 *Test apparatus*

The test is carried out by passing enamelled wire through a bath containing clean mercury.

Before entering the bath, the wire passes over a freely running, highly polished V-grooved metal wheel, having a diameter of 25 mm at the bottom of the groove. This groove has a radius at the bottom of 0.35 mm.

During the test, the wire runs in the bottom of the groove without coming into contact with the sides of the "V". It is in contact with the wheel over an arc of 75° .

The wire passes through the mercury bath (see Figure 10, page 60) through slits in the ends of the bath faced with chamois leather having minimum friction, so placed as to retain the mercury in the bath.

The length of wire immersed in the mercury is approximately 60 mm.

14.2 *Test method*

A specimen of 30 m of enamelled wire shall be subjected to the test described below.

The speed of the wire through the mercury shall be 30 cm/s. Care should be taken not to stretch the wire during test.

A second test shall be made on a fresh specimen if a resistance measurement made on the specimen which has failed to meet the requirements shows that the resistance has increased by more than 5%.

A potential difference of 24 V d.c. for wires up to and including 0.040 mm and of 50 V d.c. for wires over 0.040 mm is maintained across a circuit consisting of the enamelled wire, the mercury in the bath, and a sensitive magnetic relay, connected in series in such a way that a fault in the insulation of the wire is indicated.

A suitable magnetic relay with counter shall be used having a sensitivity such that the counter will operate when the calibrating voltage of 24 V or 50 V is maintained for 0.085 s across a resistor of $10\,000\ \Omega$.

Under similar conditions, the counter shall not operate with a resistor of $15\,000\ \Omega$ in circuit nor shall it operate if the calibrating voltage is maintained for 0.05 s across the resistor of $10\,000\ \Omega$. The relay and the counter shall operate within 0.06 s with a resistor of $500\ \Omega$ in circuit.

Un circuit séparé destiné à détecter un défaut continu du fil dans le bain sera ajouté. De tels défauts ne sont pas tolérés.

Un seul essai est effectué.

15. Endurance thermique*

Note. — Les prescriptions relatives à l'endurance thermique basées sur une durée de vie extrapolée de 20 000 h s'appliquent à des fils émaillés n'ayant pas subi d'imprégnation. En service réel, la température maximale d'utilisation du fil peut être augmentée quand celui-ci est utilisé dans un système d'isolation approprié et lorsque l'expérience peut justifier une telle augmentation.

Un système non approprié peut par contre entraîner un abaissement de la température maximale d'utilisation.

L'évaluation de l'endurance thermique est basée sur des essais réalisés avec des éprouvettes de fils non imprégnés, et vérifiée selon la Publication 172 de la CEI: Méthode d'essai pour l'évaluation de la stabilité thermique des fils émaillés par l'abaissement de la rigidité diélectrique entre les fils torsadés**.

L'essai doit être effectué de préférence avec du fil de 1 mm de diamètre de grade 2, sauf accord différent entre l'acheteur et le fournisseur.

L'indice de température exigé dans la feuille particulière est calculé sur une durée de vie de 20 000 h. Cette détermination est le résultat d'une extrapolation à partir des mesures réalisées; l'une de ces mesures est réalisée pendant 5000 h à la température spécifiée pour cette durée dans la feuille de spécification particulière.

Note. — Si l'acheteur le demande, le fournisseur de fils émaillés fournira la preuve que le fil satisfait aux prescriptions pour l'endurance thermique.

16. Essais applicables aux fils utilisés dans les appareils réfrigérants

16.1 Essais d'extraction

16.1.1 Préparation de l'éprouvette

Une éprouvette de fil recouverte par au moins 2 g d'email est bobinée en spires lâches de diamètre d'environ 25 mm. L'éprouvette ainsi constituée est alors lavée en la secouant pendant 1 min dans le n-heptane. L'éprouvette est séchée pendant 15 min à 150 ± 3 °C et placée immédiatement dans un dessiccateur pendant 30 min puis pesée à 0,1 mg près (M_1).

16.1.2 Extraction par le trichloréthylène***

L'éprouvette est placée dans un extracteur propre de façon que le sommet soit au moins 10 mm au-dessous du niveau de siphonnage.

L'éprouvette est extraite pendant 4 h avec des cycles de 10 min à 15 min au moyen de trichloréthylène chimiquement pur, fraîchement distillé, dont le résidu sec ne dépasse pas 0,001%. La température du vase d'extraction ne doit pas être inférieure à 73 °C.

* Une révision de l'article 15 est en préparation.

** Une révision de la Publication 172 de la CEI est en préparation.

*** En raison de la nocivité du trichloréthylène pour l'organisme humain, des précautions doivent être prises lors de sa manipulation.

A separate circuit to show a continuous fault of the wire in the bath shall be added. Such faults are not allowed.

One test shall be made.

15. Thermal endurance*

Note. — The thermal endurance requirement based on an extrapolated life of 20 000 h is applied to unvarnished enamelled wires. When applied in service, the maximum operating temperature of the wire may be increased when it is used in a suitable insulating system and when experience justifies such an increase.

An unsuitable system may result in a decrease in the maximum operating temperature.

The thermal endurance evaluation shall be based upon tests performed on unvarnished specimens of wires prepared and tested in accordance with IEC Publication 172, Test Procedure for the Evaluation of the Thermal Endurance of Enamelled Wire by the Lowering of the Electric Strength between Twisted Wires**.

The test shall be carried out preferably with a wire of 1 mm of grade 2, unless otherwise agreed between purchaser and supplier.

The temperature index required in the relevant specification sheet shall be based on a life of 20 000 h. The extrapolation to determine this (20 000 h) life is obtained from test results; one of these tests shall be carried out during 5000 h at the temperature specified for this testing time in the relevant specification sheet.

Note. — When required by a purchaser, the supplier of the enamelled wire shall supply evidence that the wire meets the requirements for thermal endurance.

16. Tests for wires for use in refrigerants

16.1 Extraction tests

16.1.1 Preparation of the specimen

A specimen of wire, providing not less than 2 g of enamel, is wound into a loose coil of about 25 mm diameter. The coil is then washed by shaking it for 1 min in n-heptane. The coil is dried for 15 min at $150 \pm 3^\circ\text{C}$ and transferred immediately to a desiccator for at least 30 min before weighing; it shall be weighed to 0.1 mg (M_1).

16.1.2 Extraction with trichloroethylene***

The coil shall be placed in a clean solvent-extractor chamber so that the top will be at least 10 mm below the siphoning level.

The coil shall be extracted for 4 h in 10 min to 15 min cycles in freshly distilled chemically pure trichloroethylene, with a dry residue not exceeding 0.001%. The temperature in the extraction chamber should not fall below 73°C .

* A revised version of Clause 15 is being prepared.

** A revised version of IEC Publication 172 is being prepared.

*** Care should be taken when handling trichloroethylene because it may be injurious to health.

La solution de trichloréthylène et deux fois 10 ml de trichloréthylène ayant servi au lavage du vase d'extraction sont placés dans un bécher* préalablement séché à l'étuve et pesé. La solution de trichloréthylène et les produits de lavage sont évaporés à 10–15 ml et ensuite séchés dans une étuve ventilée à la température de $150 \pm 3^\circ\text{C}$ pendant 1 h à 2 h de façon à obtenir un poids constant (M_r).

Après extraction par le trichloréthylène le film d'émail restant est enlevé du fil par tout moyen convenable n'affectant pas le conducteur.

Le fil dénudé doit être soigneusement lavé à l'eau distillée, séché en étuve à $105 \pm 3^\circ\text{C}$ pendant 20 ± 1 min, et enfin pesé à 0,1 mg près (M_c).

Le pourcentage de matière extraite est calculé conformément aux indications du paragraphe 16.1.5.

Un seul essai est effectué.

16.1.3 Extraction par le méthanol

L'éprouvette est suspendue avec des crochets de cuivre dans du méthanol à l'ébullition pendant 120 ± 3 min en utilisant 300 ± 5 ml de méthanol dans une fiole de 400 ml.

La fiole est équipée d'un condenseur approprié. L'éprouvette ne doit pas être introduite tant que le méthanol n'est pas à l'ébullition; elle ne doit toucher ni les bords ni le fond de la fiole.

Au bout des 120 min d'ébullition, l'éprouvette est retirée du méthanol.

La solution de méthanol et deux fois 10 ml de méthanol ayant servi au lavage de la fiole d'extraction sont placés dans un bécher préalablement séché à l'étuve et pesé. La solution de méthanol et les produits de lavage sont évaporés à 10–15 ml et ensuite séchés dans une étuve à circulation forcée à la température de $150 \pm 3^\circ\text{C}$ pendant 1 h à 1 ½ h de façon à obtenir un poids constant. (M_r).

Après extraction par le méthanol, le film d'émail restant est enlevé du fil par tout moyen convenable n'affectant pas le conducteur.

Le fil dénudé doit être soigneusement lavé à l'eau distillée, séché en étuve à $105 \pm 3^\circ\text{C}$ pendant 20 ± 1 min, et enfin pesé à 0,1 mg près (M_c).

Le pourcentage de matière extraite est calculé conformément aux indications du paragraphe 16.1.5.

Un seul essai est effectué.

16.1.4 Extraction par le monochlorodifluorométhane (réfrigérant R 22)**

L'appareillage utilisé est celui décrit à la figure 11, voir page 61.

L'appareillage utilisé pour l'essai d'extraction doit être lavé d'abord à l'eau chaude puis à l'eau distillée et finalement avec du n-heptane. L'éprouvette est placée dans un porte-éprouvette (3) qui est descendu dans le récipient inférieur (1) où il est maintenu par l'étranglement. L'éprouvette est alors recouverte avec 200 ml environ de réfrigérant R 22 fraîchement distillé et le condenseur type «doigt» (2) est mis en place sur le joint (6). Prendre soin de s'assurer que le joint en caoutchouc assure une bonne étanchéité entre les deux parties de l'équipement.

* En variante, le matériau extrait peut être pesé dans le flacon d'extraction.

** Cet essai ne doit être effectué que sur des fils à utiliser avec le réfrigérant R 22.

The trichloroethylene solution and two 10-ml trichloroethylene washings of the extraction flask shall be transferred directly to a previously oven-dried and weighed beaker*. The trichloroethylene solution and the washings shall be evaporated to 10 ml to 15 ml and then dried for 1 h to 2 h in a forced-draught oven at $150 \pm 3^\circ\text{C}$ to constant weight (M_r).

After the trichloroethylene extraction, the remaining enamel film shall be stripped off by any method that does not damage the conductor.

The bare conductor shall be carefully washed with distilled water, oven-dried at $105 \pm 3^\circ\text{C}$ for 20 ± 1 min and then weighed to 0.1 mg (M_c).

The calculation of the extractable matter shall be made in accordance with Sub-clause 16.1.5.

One test shall be made.

16.1.3 *Extraction with methanol*

The specimen shall be suspended with copper hooks in boiling methanol for 120 ± 3 min, using 300 ± 5 ml methanol in a 400 ml flask.

The flask shall be fitted with a suitable condenser. The specimen shall not be introduced until the methanol is boiling and must not touch the sides or the bottom of the flask.

At the end of the 120 min boiling period, the specimen shall be removed from the methanol.

The methanol solution and two 10-ml washings of the extraction flask shall be transferred directly to a previously oven-dried and weighed beaker. The methanol solution and washings shall be evaporated to 10 ml to 15 ml and then dried for 1 h to $1\frac{1}{2}$ h in a forced-draught oven at $150 \pm 3^\circ\text{C}$ to constant weight (M_r).

After the methanol extraction, the remaining enamel shall be stripped off by any method that does not damage the conductor.

The bare conductor shall be carefully washed with distilled water, oven dried at $105 \pm 3^\circ\text{C}$ for 20 ± 1 min and then weighed to 0.1 mg (M_c).

The calculation of the extractable matter shall be made in accordance with Sub-clause 16.1.5.

One test shall be made.

16.1.4 *Extraction with monochlorodifluoromethane (refrigerant R 22)***

The apparatus used shall be that shown in Figure 11, page 61.

The apparatus to be used for the extraction test must be washed, first in warm water, then distilled water, and finally n-heptane. The sample coil is placed in the coil holder (3), which is lowered into the lower vessel (1), where it rests in the neck portion. The coil is then covered with approximately 200 ml of freshly distilled refrigerant R 22, and the cold finger type condenser (2) placed in position on the rubber joint (6). Care must be taken to ensure a good joint between the cold finger and the lower vessel.

* Alternatively, the extracted material may be weighed in the extraction flask.

** This test shall be carried out only on wires to be used in refrigerant R 22.

Avant sa mise en place, le condenseur type «doigt» est rempli de CO_2 solide et de méthanol. Pendant toute la durée de l'extraction, ajouter du CO_2 solide si nécessaire.

Le récipient d'extraction doit être chauffé par exemple au moyen d'un bain liquide de façon à obtenir environ 4 cycles d'extraction par heure. L'extraction dure 6 h. A la fin de l'extraction, le givre qui peut s'être formé sur l'appareillage est éliminé. Le condenseur type «doigt» est enlevé.

L'éprouvette de fil est retirée de l'appareillage et l'émail restant est enlevé du fil par tout moyen qui n'endommage pas le conducteur.

Le fil dénudé doit être soigneusement lavé à l'eau distillée, séché en étuve à $105 \pm 3^\circ\text{C}$ pendant 20 ± 1 min, et enfin pesé à 0,1 mg près (M_c).

Le porte-éprouvette est retiré et son contenu versé dans un creuset en aluminium de très faible masse. Ce creuset a été préparé comme suit:

- 1) lavé d'abord à l'eau chaude puis à l'eau distillée et enfin avec du n-heptane;
- 2) séché pendant 10 min à $110\text{--}120^\circ\text{C}$;
- 3) placé dans un dessiccateur pendant 30 min;
- 4) pesé et remis au dessiccateur jusqu'à emploi.

Le réfrigérant R 22 restant dans le récipient inférieur (1) est évaporé en immergeant le récipient dans l'eau chaude jusqu'à ce qu'il reste environ 30 ml.

Le contenu est versé dans le creuset.

Le récipient inférieur (1) est rincé deux fois avec du n-heptane qui est versé dans le creuset. L'extrait est évaporé à sec à la température ambiante et le creuset et son contenu sont ensuite placés dans une étuve pendant 1 h à $150 \pm 3^\circ\text{C}$.

Le creuset est enfin retiré et mis à refroidir dans un dessiccateur pendant au moins 30 min avant pesée à 0,1 mg près (M_r).

Un seul essai est effectué.

16.1.5 Méthode de calcul

La masse d'émail est obtenue en soustrayant la masse de cuivre dénudé et propre (M_c) de la masse initiale de l'éprouvette de fil émaillé (M_1).

La masse du résidu dans le creuset est M_r .

Le pourcentage de matières extraites est égal à

$$E = \frac{M_r}{M_1 - M_c} \times 100\%$$

16.2 Essai au solvant par le monochlorodifluorométhane (réfrigérant R 22)*

Une éprouvette de fil émaillé redressé d'une longueur approximative de 15 cm est étuvée à $150 \pm 3^\circ\text{C}$ pendant 1 h.

L'éprouvette est alors placée dans une «bombe» remplie sensiblement aux trois quarts de monochlorodifluorométhane (réfrigérant R 22), qui est fermée et maintenue à la température ambiante pendant 16 h.

* Cet essai ne doit être effectué que sur des fils à utiliser avec le réfrigérant R 22.

The cold finger is filled with solid CO_2 and methanol, and throughout the extraction period solid CO_2 is added whenever necessary.

The extraction flask shall be warmed for example by means of a liquid bath, so as to obtain about 4 extraction cycles per hour and extraction shall be continued for 6 h. At the completion of extraction frost which may have formed on the apparatus is brushed off and the cold finger is removed.

The coil shall be removed from the apparatus and the remaining enamel shall be stripped off by any method that does not damage the conductor.

The bare conductor shall be carefully washed with distilled water, oven-dried at $105 \pm 3^\circ\text{C}$ for 20 ± 1 min and then weighed to 0.1 mg (M_c).

The sample holder is removed and its contents poured into a very lightweight aluminium crucible. This crucible shall have been prepared as follows:

- 1) wash first with warm water, then distilled water and finally n-heptane;
- 2) dry for 10 min at 110°C to 120°C ;
- 3) place in a desiccator for 30 min;
- 4) weigh and return to desiccator until required.

The refrigerant R 22 remaining in the lower vessel (1) is evaporated by immersing it in hot water, until approximately 30 ml remain.

This is poured into the crucible.

The lower vessel (1) is rinsed twice with n-heptane and the contents poured also into the crucible. The extract shall be evaporated at room temperature to dryness and then the crucible and its contents placed in an oven for 1 h at $150 \pm 3^\circ\text{C}$.

Finally the crucible is removed and allowed to cool in a desiccator for at least 30 min, before weighing and then weighed to 0.1 mg (M_r).

One test shall be made.

16.1.5 Method of calculation

The percentage of the extractable matter shall be calculated from the mass of the enamelled wire (M_1), from the mass of the conductor (M_c) and from the mass of the residue in the crucible or the beaker (M_r) as follows:

$$E = \frac{M_r}{M_1 - M_c} \times 100\%$$

16.2 Solvent test in monochlorodifluoromethane (refrigerant R 22)*

A straightened specimen of enamelled wire approximately 15 cm in length shall be heated for 1 h at $150 \pm 3^\circ\text{C}$.

The specimen shall then be placed in a bomb which is filled approximately three-quarters full with monochlorodifluoromethane (refrigerant R 22), sealed and left standing at room temperature for 16 h.

* This test shall be carried out only on wires to be used in refrigerant R 22.

La bombe fermée est ensuite placée à -50 ± 3 °C pendant 1 h; au bout de ce temps, le couvercle est enlevé.

L'éprouvette est retirée du liquide et, dans les 30 s, on contrôle la dureté-crayon selon les indications données dans le paragraphe 12.2.

Trois essais sont effectués.

16.3 *Essai de cloquage par le monochlorodifluorométhane (réfrigérant R 22)**

Une éprouvette préparée et conditionnée selon les indications du paragraphe 16.2 est retirée du réfrigérant R 22 liquide et placée dans une étuve à circulation forcée à la température de 125 ± 3 °C pendant 10 min, dans un laps de temps de 25 s à 30 s après avoir été retirée du réfrigérant R 22.

Deux essais sont effectués.

17. **Essai de soudabilité**

Note. — Cet essai n'est applicable qu'aux fils émaillés soudables.

17.1 *Diamètres nominaux jusqu'à et y compris 0,05 mm*

A l'étude.

17.2 *Diamètres nominaux compris entre 0,05 mm et 0,1 mm inclus*

Un porte-éprouvettes approprié est utilisé, sa forme n'importe pas à condition que le fil à l'essai soit laissé libre sur au moins 20 mm entre les points d'appui et qu'il soit immergé dans le bain de soudure avec son axe à la verticale. Le matériau utilisé pour le porte-éprouvettes ne doit pas contaminer le bain de soudure et les dimensions du support ne doivent pas modifier de façon appréciable la température du bain pendant l'immersion.

L'examen est limité à ce segment libre entre les points d'appui.

17.3 *Diamètres nominaux supérieurs à 0,1 mm — Préparation des éprouvettes*

Un seul fil de 200 mm de longueur est nécessaire.

17.4 *Procédure d'essai*

Le bain de soudure étain-plomb 60/40 utilisé doit avoir un volume suffisant pour que l'on soit certain que la température de la soudure reste uniforme quand on introduit l'éprouvette. Il doit être pourvu de moyens permettant de maintenir la température de la soudure à la température spécifiée dans la feuille de spécification particulière.

L'éprouvette est tenue verticalement au-dessus du centre du bain, puis son extrémité inférieure est abaissée jusqu'à 20 mm sous la surface. La position à laquelle l'éprouvette est immergée doit être à une distance d'environ 10 mm du point où la température est mesurée.

Après avoir été immergée pendant le temps spécifié dans la feuille de spécification particulière, l'éprouvette doit subir un mouvement oblique dans le bain avant d'en être retirée.

On examine la surface du fil étamé avec une loupe de grossissement de 6 à 10.

Trois essais sont effectués.

*Cet essai ne doit être effectué que sur des fils à utiliser avec le réfrigérant R 22.

The sealed bomb shall then be placed at $-50 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 1 h, after which time the cover shall be removed.

The specimen shall be removed from the liquid and, within 30 s, tested for pencil hardness in accordance with the relevant information given in Sub-clause 12.2.

Three tests shall be made.

16.3 *Blister test in monochlorodifluoromethane (refrigerant R 22)**

A specimen prepared and conditioned in accordance with Sub-clause 16.2 shall be removed from the liquid refrigerant R 22 and placed in a forced-draught oven for 10 min at a temperature of $125 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ within a period of 25 s to 30 s after removal from the refrigerant.

Two tests shall be made.

17. **Solder test**

Note. — This test is applicable for self-fluxing wires only.

17.1 *Nominal diameter up to and including 0.05 mm*

Under consideration.

17.2 *Nominal diameter over 0.05 mm up to and including 0.1 mm*

A suitable carrier shall be used; any form of carrier is allowed provided that the wire under test is held free for at least 20 mm between the points of support and is immersed in the solder with its axis vertical. The material used for the carrier shall be such that the solder of the bath does not undergo any contamination and the dimensions of the carrier shall not lead to appreciable changes of the bath temperature during immersion.

The examination shall be restricted to the free length between the points of support.

17.3 *Nominal diameter over 0.1 mm — Preparation of specimen*

A single specimen 200 mm in length is required.

17.4 *Test procedure*

The 60/40 tin-lead solder bath used shall have a volume sufficient to ensure that the temperature of the solder remains uniform when introducing the specimen. It shall be provided with means for maintaining the temperature of the solder at the temperature specified in the relevant specification sheet.

The specimen shall be held vertically over the centre of the bath, and the bottom end lowered to 20 mm below the surface. The position at which the specimen is immersed shall be within approximately 10 mm of the point where the temperature is measured.

After having been immersed for the time specified in the relevant specification sheet, the specimen shall be moved sideways in the bath before it is withdrawn from the solder.

The surface of the tinned wires shall be examined with a magnification of 6 to 10 times.

Three tests shall be made.

* This test shall be carried out only on wires to be used in refrigerant R 22.

18. Essais de thermodhérence et de solvadhérence*

18.1 Diamètres nominaux jusqu'à et y compris 0,05 mm

A l'étude.

18.2 Diamètres nominaux supérieurs à 0,05 mm

Un bobinage d'au moins 50 spires jointives est réalisé en bobinant le fil sur un mandrin** comme spécifié au tableau VI. Le bobinage doit avoir au minimum une longueur de 20 mm.

La vitesse d'enroulement du mandrin doit être de 1 tr/s à 3 tr/s; la traction de bobinage ne doit pas dépasser la valeur appropriée indiquée au tableau VII.

Les extrémités du fil ne sont pas attachées de façon à permettre au bobinage de se détendre librement.

Le bobinage toujours enroulé sur le mandrin est placé verticalement dans un dispositif approprié (voir la figure 12, page 62) et est chargé d'un poids spécifié au tableau VII. Le poids ne doit pas adhérer au mandrin et il faut, même à température élevée, maintenir une distance entre le poids et le mandrin. Après vérification du pas des spires, le dispositif (avec le bobinage enroulé sur le mandrin) doit être placé dans une étuve électrique à circulation forcée, à une température indiquée dans la feuille particulière, pendant une durée de:

- une demi-heure pour les fils de diamètre nominal inférieur à 0,71 mm;
- une heure pour les fils de diamètre nominal égal ou supérieur à 0,71 mm, sauf convention différente entre fabricant et utilisateur.

Après refroidissement à la température ambiante, le bobinage est retiré du dispositif, puis du mandrin, suspendu à l'une de ses extrémités (voir la figure 13, page 62) et chargé comme prescrit dans la feuille de spécification particulière. Tout choc supplémentaire doit être évité lorsqu'on applique la charge.

Cinq éprouvettes sont essayées.

TABEAU VII

Diamètre nominal (mm)		Diamètre du mandrin (mm)	Traction maximale de bobinage (N)	Charge appliquée au bobinage pendant le collage (g)
Au-dessus de	Jusqu'à et y compris			
0,05	0,071	1	0,05	5
0,071	0,10	1	0,05	5
0,10	0,16	1	0,12	15
0,16	0,20	1	0,30	25
0,20	0,315	2	0,80	35
0,315	0,40	3	0,80	50
0,40	0,50	4	2,00	75
0,50	0,63	5	2,00	125
0,63	0,71	6	5,00	175
0,71	0,80	7	5,00	200
0,80	0,90	8	5,00	250
0,90	1,00	9	5,00	325
1,00	1,12	10	12,00	400
1,12	1,25	11	12,00	450
1,25	1,40	12	12,00	550
1,40	1,60	14	12,00	650
1,60	1,80	16	30,00	800
1,80	—	18	30,00	1000

*Cette méthode sera étendue aux fils solvoadhérents.

**Un mandrin d'acier est satisfaisant pour des fils de plus grands diamètres. Pour les fils inférieurs, des mandrins de cuivre peuvent faciliter le retrait de la bobine sur le mandrin, en étirant ce dernier afin de réduire son diamètre.

18. Heat and solvent bonding tests*

18.1 Nominal diameter up to and including 0.05 mm

Under consideration.

18.2 Nominal diameter over 0.05 mm

A coil of at least 50 contiguous turns shall be made by winding the wire on a mandrel,** as specified in Table VI. The coil shall have a minimum length of 20 mm.

The mandrel shall be rotated at between 1 rev/s and 3 rev/s, the winding tension shall not exceed the appropriate value as indicated in Table VII.

In order to allow the coil to relax freely, the ends of the wire shall not be fastened.

The coil, still around the mandrel, shall be placed vertically in a suitable apparatus as shown in Figure 12, page 62 and shall be loaded with a weight as specified in Table VII. The weight shall not stick to the mandrel and there shall be a clearance between weight and the mandrel even at elevated temperature. After checking for proper alignment of the turns, the device (with the coil around the mandrel) shall be placed in a hot, electrically heated forced-draught oven, having a temperature as given in the relevant specification sheet for a period of

- half an hour for wires with a nominal diameter up to 0.71 mm,
- one hour for wires with a nominal diameter of 0.71 mm and larger, unless otherwise agreed between manufacturer and user.

After cooling down to room temperature, the coil shall be taken from the device, removed from the mandrel, hung by one of its ends (see Figure 13, page 62) and loaded as required in the relevant specification sheet. When applying the load, any additional shock must be avoided.

Five specimens shall be tested.

TABLE VII

Nominal diameter (mm)		Diameter of the mandrel (mm)	Maximum winding tension (N)	Load on the coil during bonding (g)
Over	Up to and including			
0.05	0.071	1	0.05	5
0.071	0.10	1	0.05	5
0.10	0.16	1	0.12	15
0.16	0.20	1	0.30	25
0.20	0.315	2	0.80	35
0.315	0.40	3	0.80	50
0.40	0.50	4	2.00	75
0.50	0.63	5	2.00	125
0.63	0.71	6	5.00	175
0.71	0.80	7	5.00	200
0.80	0.90	8	5.00	250
0.90	1.00	9	5.00	325
1.00	1.12	10	12.00	400
1.12	1.25	11	12.00	450
1.25	1.40	12	12.00	550
1.40	1.60	14	12.00	650
1.60	1.80	16	30.00	800
1.80	—	18	30.00	1 000

*This method will be extended to solvent bonding wires.

**A steel mandrel is satisfactory for larger diameter wires. For smaller wires, copper mandrels may assist in the removal of the coil from the mandrel by stretching the mandrel to reduce its diameter.

19. Facteur de dissipation diélectrique ($\text{tg } \delta$)

19.1 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.

19.2 Préparation de l'éprouvette

Une longueur de fil à essayer est recourbée en forme de U (voir la figure 14, page 63) 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.

19.3 Mesure

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

Le schéma d'un circuit de mesure approprié est indiqué par la figure 15, page 64.

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 .

La tangente de l'angle de pertes est donnée par:

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

$$\text{où: } \omega = 2 \pi f$$

20. Résistance à l'huile de transformateur en présence d'eau

A l'étude.

21. Perte de masse

21.1 Préparation de l'éprouvette

L'éprouvette est une longueur de fil émaillé recouverte par au moins 0,5 g d'émail qui a été dégraissé à l'aide d'un solvant qui n'affecte pas l'émail.

Toutes les manipulations de l'éprouvette doivent alors être réalisées avec des pinces propres et dégraissées.

19. Dielectric loss tangent ($\tan \delta$)

19.1 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, for example, by using a Q-meter.

19.2 Preparation of the specimen

The wire under test shall be bent into a U-shape (see Figure 14, page 63) 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.

19.3 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 15, page 64.

The specimen is connected. Then the damping resistance 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:

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

$$\text{where: } \omega = 2 \pi f$$

20. Resistance to transformer oil in the presence of water

Under consideration.

21. Loss of mass

21.1 Preparation of the specimen

A specimen is a piece of wire providing not less than 0.5 g of enamel, which is degreased thoroughly with a solvent which does not affect the enamel.

Any handling of the specimen subsequent to degreasing should be done with chemically clean tweezers.

21.2 Conditionnement

L'éprouvette est étuvée à 130 ± 3 °C pendant 1 h, retirée de l'étuve et mise à refroidir dans un dessiccateur à température ambiante pendant au moins 30 min avant d'être pesée à 0,1 mg près (M_1).

21.3 Mode opératoire

L'éprouvette conditionnée est placée dans un creuset et pesée à 0,1 mg près. Le creuset a été préalablement chauffé, pendant 2 h, à la température spécifiée, indiquée dans la feuille de spécification correspondante. Creuset et éprouvette sont placés dans une étuve, pendant 2 h, à la température spécifiée indiquée dans la feuille de spécification correspondante.

La température est mesurée en plaçant un thermocouple aussi près que possible de l'éprouvette; le temps est compté à partir du moment où on atteint la température. Après 2 h le creuset et l'éprouvette sont retirés de l'étuve et mis à refroidir à température ambiante dans un dessiccateur puis pesés à 0,1 mg près (M_2).

L'émail est retiré du conducteur par immersion du fil émaillé dans une solution aqueuse bouillante à 10% d'hydroxyde de potassium jusqu'à élimination complète de l'émail à l'aide d'un linge fin. Le conducteur nu est lavé à l'eau distillée puis séché à 105 ± 3 °C pendant 20 ± 1 min. Le conducteur est refroidi pendant au moins 30 min à température ambiante dans un dessiccateur et pesé à 0,1 mg près (M_c).

21.4 Méthode de calcul

La perte de masse (ΔM) est exprimée en pour-cent de la masse d'émail initiale conditionnée. Elle est calculée à partir de la masse de l'éprouvette conditionnée (M_1), de la masse de l'éprouvette après passage en étuve (M_2) et de la masse du conducteur nu (M_c) comme suit:

$$\Delta M = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_c} \times 100\%$$

Deux essais sont réalisés et les résultats ne doivent pas différer de $\pm 0,1\%$. La moyenne des deux résultats est notée comme la «perte de masse».

22. Essai de claquage à haute température

Note. — Cet essai est destiné à évaluer la tenue de l'isolant à des températures pouvant atteindre 450 °C, lorsqu'il est soumis à des surcharges sous contrainte de tension. Cet essai n'est pas valable dans le cas où les conditions produisent des défaillances en un temps très court. En effet, la période de chauffage initiale de 3 min ne peut être évitée et un temps minimal de 15 min avant claquage est exigé. Dans le cas où un délai de claquage aussi court est recherché, d'autres essais doivent être utilisés.

22.1 Eprouvette

Une éprouvette de fil est préparée selon le paragraphe 13.3. L'expérience a montré que des fils d'environ 1 mm et de grade 2 étaient les plus commodes à manier.

22.2 Appareil d'essai

L'étuve doit permettre d'obtenir une température de service de 450 °C au maximum et assurer que l'éprouvette atteigne en 3 min la température spécifiée à $\pm 1\%$ près. Elle doit être équipée de bornes adéquates pour appliquer la tension d'essai indiquée au tableau VI. La

21.2 Conditioning

The specimen is heated for 1 h at 130 ± 3 °C, removed from the oven and transferred immediately to a desiccator at room temperature for at least 30 min before weighing and then weighed to 0.1 mg (M_1).

21.3 Procedure

The conditioned specimen is placed in a crucible which has previously been heated for 2 h to the temperature asked for in the relevant specification sheet, and weighed to 0.1 mg. The crucible and the specimen are placed in an oven already at the temperature required in the relevant specification sheet.

The temperature is measured by placing a thermocouple as close to the specimen as possible and the timing is commenced as soon as this thermocouple attains the required temperature. After 2 h the crucible and specimen are removed from the oven, transferred immediately to a desiccator at room temperature for at least 30 min before weighing and then weighed to 0.1 mg (M_2).

The enamel is removed from the conductor by immersing the enamelled wire in a boiling 10% solution of potassium hydroxide in water until the enamel is completely removable on wiping with a soft cloth. The bare conductor shall be carefully washed with distilled water, oven-dried at 105 ± 3 °C for 20 ± 1 min, transferred immediately to a desiccator at room temperature for at least 30 min before weighing and then weighed to 0.1 mg (M_c).

21.4 Method of calculation

The loss of mass (ΔM) shall be expressed as a percentage of the original, conditioned mass of enamel. It shall be calculated from the mass of the conditioned specimen (M_1), from the mass of this specimen after thermal ageing (M_2) and from the mass of the bare conductor (M_c) as follows:

$$\Delta M = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_c} \times 100\%$$

Two tests shall be made and the results should agree within $\pm 0.1\%$. The mean of the two results shall be reported as "loss of mass".

22. High temperature failure test

Note. — This test is intended to indicate the performance of wire covering at temperatures up to 450 °C where overload conditions under voltage stress may be encountered. It is not possible to use this test for conditions which produce failures in seconds or in a few minutes because an initial thermal unstable heating-up period of the specimen up to 3 min cannot be avoided and a minimum time to failure of 15 min is required. Where such short time failure properties are needed, other tests are required.

22.1 Test specimen

A specimen of wire shall be prepared in accordance with Sub-clause 13.3. Experience has shown that wires of about 1 mm and of grade 2 are most convenient to handle.

22.2 Test apparatus

The oven shall provide a maximum service temperature of 450 °C and ensure the specimen reaching the set temperature $\pm 1\%$ in 3 min. The oven shall be equipped with appropriate terminals to apply the test voltage in accordance with Table VI. The power of the test voltage

puissance du transformateur ne doit pas être inférieure à 100 VA. Pour éviter des surtensions, un condensateur de faible inductance de 1 μ F à 2 μ F doit être branché en parallèle aux bornes du transformateur. Un dispositif de surcharge doit être employé pour indiquer un claquage à 10 ± 5 mA et déconnecter une minuterie.

22.3 *Procédure d'essai*

L'étuve est réglée à la température spécifiée à $\pm 1\%$ près. Lorsque l'étuve s'est stabilisée, l'éprouvette y est introduite et reliée aux bornes. La tension d'essai est immédiatement appliquée et la minuterie enclenchée. Au moment du claquage, la minuterie est automatiquement déconnectée et le temps jusqu'au claquage est noté. Un temps de moins de 15 min est le résultat d'une température d'essai trop élevée; il ne doit pas en être tenu compte.

Cinq éprouvettes sont essayées.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60251-1:1978

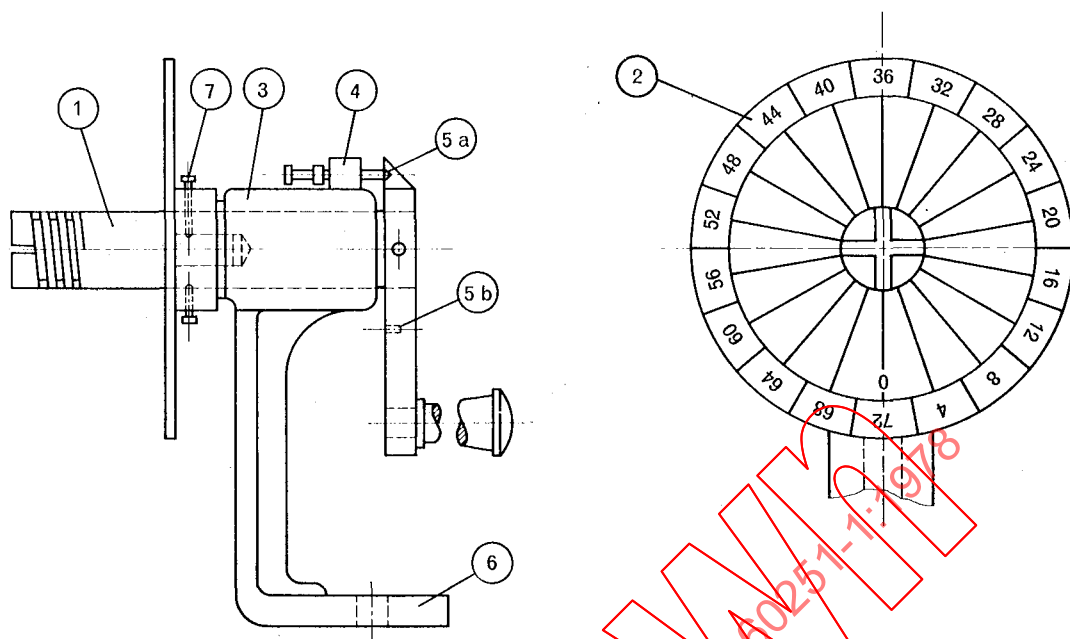
transformer shall be not less than 100 VA. To avoid over-voltage surges, a capacitor of low inductance of 1 μ F to 2 μ F should be connected in parallel with the secondary terminals of the transformer. An overcurrent device shall be used to indicate failure at 10 ± 5 mA and disconnect a corresponding timer.

22.3 Test procedure

The oven shall be adjusted to the specified temperature $\pm 1\%$. After the oven has stabilized, the specimen shall be placed in the oven and connected to the terminals. The test voltage is immediately applied and the timer started. At failure the timer will be automatically disconnected. The time to failure shall be recorded. A time to failure below 15 min is a result of an excessive test temperature and shall be disregarded.

Five specimens shall be tested.

Withd 2 min
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60251-1:1978



- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| 1 = mandrin | 1 = mandrel |
| 2 = cadran | 2 = dial |
| 3 = axe | 3 = axis |
| 4 = dispositif de verrouillage | 4 = locking device |
| 5 = dispositif de verrouillage | 5 = locking device |
| 6 = base | 6 = base-plate |
| 7 = vis de fixation du mandrin | 7 = mandrel-fixing screw |

FIG. 1. — Appareil pour la mesure de l'effet de ressort.
Test apparatus for springiness test.

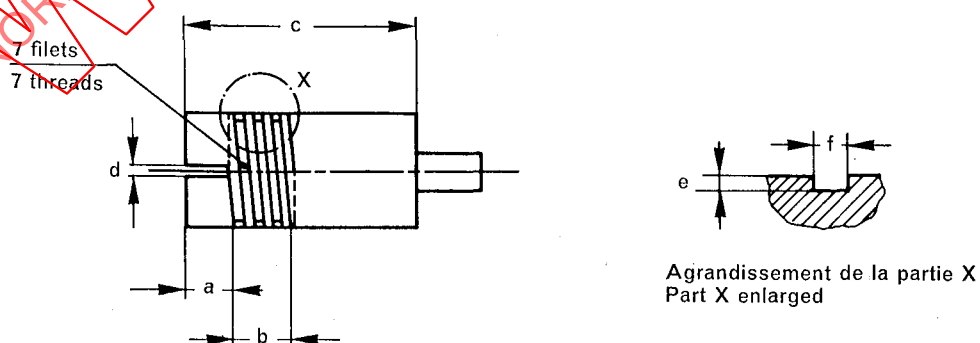


FIG. 2. — Construction et détails du mandrin (voir le tableau I).
Construction and details of the mandrel (see Table I).