

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 851-4

Première édition — First edition

1985

Méthodes d'essai des fils de bobinage

Quatrième partie: Propriétés chimiques

Methods of test for winding wires

Part 4: Chemical properties



© CEI 1985

Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
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**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

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

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

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

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

IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to page 3 of the back cover which lists 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 851-4

Première édition — First edition

1985

Méthodes d'essai des fils de bobinage

Quatrième partie: Propriétés chimiques

Methods of test for winding wires

Part 4: Chemical properties



© CEI 1985

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Essai 12: Essais aux solvants	8
4. Essai 16: Essais applicables aux fils utilisés dans les appareils réfrigérants (applicables aux fils de section circulaire, émaillés)	10
5. Essai 17: Essai de soudabilité (applicable aux fils de section circulaire, émaillés, et aux fils toronnés)	14
6. Essai 20: Résistance à l'huile de transformateur en présence d'eau	16
FIGURES	20

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Test 12: Solvent test	9
4. Test 16: Tests for wires for use in refrigerants (applicable to enamelled round wires)	11
5. Test 17: Solder test (applicable to enamelled round wires and bunched wires)	15
6. Test 20: Resistance to transformer oil in the presence of water	17
FIGURES	20

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAI DES FILS DE BOBINAGE

Quatrième partie: Propriétés chimiques

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la C E I, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la C E I et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

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

Il convient d'utiliser cette norme conjointement avec la première partie: Généralités (Publication 851-1 de la C E I).

La Publication 851 de la C E I remplace la Publication 251 de la C E I.

Articles nouveaux ou modifiés:

Paragraphe 5.1.1

Règle des Six Mois	Rapport de vote
55(BC)224	55(BC)237

Article 6 — Essai 20: Résistance à l'huile de transformateur en présence d'eau

Règle des Six Mois	Rapport de vote
55(BC)225	55(BC)238

Pour de plus amples renseignements, consulter les rapports de vote correspondants mentionnés dans les tableaux ci-dessus.

Les publications suivantes de la C E I sont citées dans la présente norme:

- Publications n°s
- 296 (1982): Spécification des huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion.
 - 554-1 (1977): Spécification pour papiers cellulose à usages électriques, Première partie: Définitions et conditions générales.
 - 851-1 (1985): Méthodes d'essai des fils de bobinage, Première partie: Généralités.
 - 851-3 (1985): Troisième partie: Propriétés mécaniques.
 - 851-5 (1985): Cinquième partie: Propriétés électriques.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHODS OF TEST FOR WINDING WIRES

Part 4: Chemical properties

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C 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 I E C expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the I E C recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the I E C recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by I E C Technical Committee No. 55: Winding Wires.

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

I E C Publication 851 replaces I E C Publication 251.

Modified or new items

Sub-clause 5.1.1

Six Months' Rule	Report on Voting
55(CO)224	55(CO)237

Clause 6 — Test 20: Resistance to transformer oils in the presence of water

Six Months' Rule	Report on Voting
55(CO)225	55(CO)238

Further information can be found in the relevant Reports on Voting indicated in the tables above.

The following I E C publications are quoted in this standard:

Publications Nos. 296 (1982): Specification for Unused Mineral Insulating Oils for Transformers and Switchgear.

554-1 (1977): Specification for Cellulosic Papers for Electrical Purposes, Part 1: Definitions and General Requirements.

851-1 (1985): Methods of Test for Winding Wires, Part 1: General.

851-3 (1985): Part 3: Mechanical Properties.

851-5 (1985): Part 5: Electrical Properties.

MÉTHODES D'ESSAI DES FILS DE BOBINAGE

Quatrième partie: Propriétés chimiques

INTRODUCTION

Le lecteur consultera l'Introduction générale, dans la Publication 851-1 de la CEI: Méthodes d'essai des fils de bobinage, Première partie: Généralités, qui décrit l'objectif visé par la nouvelle disposition, comme cela ressort du tableau ci-dessous.

Nouvelle disposition (sans modification des textes antérieurs)

Nouveaux articles	Anciens articles	Anciennes publications
3.1.1	12.1	251-1
	12.1	251-3
3.1.2	12.2	251-1
	12.2	251-3
5	17	251-1
	8	251-2
5.1.2	17.2	251-1
5.1.3	17.3	251-1
5.1.4	8.1.1	251-2
5.1.5	8.1.2	251-2
5.2	17.4	251-1
	8.2	251-2

1. Domaine d'application

La présente norme traite des essais suivants:

- Essai 12: Essais aux solvants
 - Essai 16: Essais applicables aux fils utilisés dans les appareils réfrigérants (applicables aux fils de section circulaire, émaillés)
 - Essai 17: Essai de soudabilité (applicable aux fils de section circulaire, émaillés, et aux fils toronnés)
 - Essai 20: Résistance à l'huile de transformateur en présence d'eau
- et regroupe les textes correspondants qui figuraient dans l'ancienne Publication 251 de la CEI.

2. Objet

Normaliser les propriétés chimiques des fils de bobinage.

METHODS OF TEST FOR WINDING WIRES

Part 4: Chemical properties

INTRODUCTION

The reader is referred to the General Introduction in I E C Publication 851-1: Methods of Test for Winding Wires, Part 1: General, which outlines the purpose of the new arrangement as indicated in the following table:

New arrangement without modification of the existing texts

New clause	Former clause	Former publication
3.1.1	12.1	251-1
	12.1	251-3
3.1.2	12.2	251-1
	12.2	251-3
5	17	251-1
	8	251-2
5.1.2	17.2	251-1
5.1.3	17.3	251-1
5.1.4	8.1.1	251-2
5.1.5	8.1.2	251-2
5.2	17.4	251-1
	8.2	251-2

1. Scope

This standard relates to:

- Test 12: Solvent test
 - Test 16: Test for wire for use in refrigerants (applicable to enamelled round wires)
 - Test 17: Solder test (applicable to enamelled round wires and bunched wires)
 - Test 20: Resistance to transformer oil in the presence of water
- and groups the relevant texts laid down in the former I E C Publication 251.

2. Object

To standardize the chemical properties of winding wires.

3. Essai 12: Essais aux solvants

3.1 Fils émaillés

3.1.1 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.

3.1.2 Mode opératoire

Une longueur de fil dressée de 150 mm est chauffée pendant 10 min à 130 °C.

On utilise un récipient cylindrique en verre contenant assez de solvant pour immerger une partie substantielle des éprouvettes essayées. 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 figure 1, page 20).

L'éprouvette à essayer est fixée fermement sur une plaque de verre (voir figure 1) dans le cas de fils de section rectangulaire, le dispositif doit être tel que l'essai puisse être réalisé sur le côté plat du fil de section rectangulaire.

La mine du crayon, de dureté prévue dans la feuille de spécification particulière correspondante, est placée suivant un angle de 60° sur la surface du fil, dans le cas de fils de section rectangulaire sur le côté plat du fil. La pointe affûtée du crayon est pressée lentement le long de la surface du fil; dans le cas de fils de section rectangulaire, sur le côté plat du fil, avec une force d'environ 5 N.

Trois essais sont effectués. L'email ne doit pas être enlevé du 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

3.2 Fils de section circulaire isolés avec un revêtement fibreux

Essai nécessaire, mais pas encore à l'étude.

3.3 Fils de section circulaire, émaillés, isolés avec un revêtement fibreux

Essai nécessaire mais pas encore à l'étude.

3. Test 12: Solvent test

3.1 Enamelled wires

3.1.1 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.

3.1.2 Method of test

A straight piece of wire, 150 mm 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 specimens 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 (see Figure 1, page 20).

The specimen to be tested shall be firmly laid on a glass plate (see Figure 1)—in the case of rectangular wires, a device shall be used so that the test can be carried out on the flat side of the rectangular wire.

The lead pencil, with the hardness called for in the relevant specification sheet, shall be placed on the surface—in the case of rectangular wires, on the flat side—at an angle of 60°. The sharpened edge of the pencil shall be pressed slowly along the surface—in the case of rectangular wires: on the flat side of the specimen, 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 tests.

Notes 1. – This method can also be used for testing resistance to other fluids, e.g. 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

3.2 Fibre insulated round wires

Test required but not yet under consideration.

3.3 Fibre covered enamelled round wires

Test required but not yet under consideration.

4. Essai 16: Essais applicables aux fils utilisés dans les appareils réfrigérants (applicables aux fils de section circulaire, émaillés)

4.1 Essais d'extraction

4.1.1 Préparation de l'éprouvette

Une éprouvette de fil recouverte d'au moins 2 g d'émail 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 $150 \pm 3^\circ\text{C}$ et placée immédiatement dans un dessiccateur pendant 30 min puis pesée à 0,1 mg près (M_1).

4.1.2 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 .

La solution de trichloréthylène et deux fois 10 ml de trichloréthylène ayant servi au lavage du vase d'extraction sont placés dans un becher** 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_T).

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 4.1.5.

Un seul essai est effectué.

4.1.3 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 fonds 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 becher 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 $1\frac{1}{2}$ h de façon à obtenir un poids constant (M_T).

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).

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

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

4. Test 16: Tests for wires for use in refrigerants (applicable to enamelled round wires)

4.1 Extraction tests

4.1.1 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).

4.1.2 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 .

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 4.1.5.

One test shall be made.

4.1.3 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).

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

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

Le pourcentage de matière extraite est calculé conformément aux indications du paragraphe 4.1.5.

Un seul essai est effectué.

4.1.4 Extraction pour le monochlorodifluorométhane (réfrigérant R 22)*

L'appareillage utilisé est décrit à la figure 2, page 21.

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.

Avant sa mise en place, le condenseur type «doigt» est rempli de CO₂ solide et de méthanol. Pendant toute la durée de l'extraction, ajouter du CO₂ solide si nécessaire.

Le récipient d'extraction doit être chauffé par exemple au moyen d'un bain liquide de façon à obtenir environ quatre 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'email 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 $110-120^\circ\text{C}$;
- 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.

4.1.5 Méthode de calcul

La masse d'email 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

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

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

The calculation of the extractable matter shall be made in accordance with Sub-clause 4.1.5.

One test shall be made.

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

The apparatus used shall be that shown in Figure 2, page 21.

The apparatus to be used for the extraction test must be washed, first in warm water, then in distilled water, and finally in 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.

The cold finger is filled with solid CO₂ and methanol, and throughout the extraction period solid CO₂ is added whenever necessary.

The extraction flask shall be warmed for example by means of a liquid bath, so as to obtain about four 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 ± 3 °C for 20 ± 1 min and then weighed to 0.1 mg (M_0).

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 ± 3 °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.

4.1.5 *Method of calculation*

The mass of the enamel is obtained by subtracting the mass of the clean and bare copper (M_c) from the mass of the initial enamelled test wire (M_1).

The mass of the residue in the crucible is M_r .

The percentage of the extractable matter is equal to:

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

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

4.2 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.

La bombe fermée est ensuite placée à $-50 \pm 3^\circ\text{C}$ 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 3.1.2.

Trois essais sont effectués.

4.3 Essai de cloquage pour le monochlorodifluorométhane (réfrigérant R 22)*

Une éprouvette préparée et conditionnée selon les indications du paragraphe 4.2 est retirée du réfrigérant R 22 liquide et placée dans une étuve à circulation forcée à la température de $125 \pm 3^\circ\text{C}$ 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.

5. Essai 17: Essai de soudabilité (applicable aux fils de section circulaire, émaillés et aux fils toronnés)

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

La feuille de spécification particulière indique si le revêtement doit ou non être enlevé.

5.1 Eprouvette d'essai

5.1.1 Diamètre nominal du conducteur jusqu'à et y compris 0,05 mm

Huit fils sont torsadés ensemble sans tension excessive de façon à faciliter l'enroulement sur le support.

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.

5.1.2 Diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,05 mm jusqu'à et y compris 0,1 mm

Un seul fil est nécessaire.

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

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

4.2 *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.

The sealed bomb shall then be placed at $-50 \pm 3^\circ\text{C}$ 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 3.1.2.

Three tests shall be made.

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

A specimen prepared and conditioned in accordance with Sub-clause 4.2 shall be removed from the liquid refrigerant R 22 and placed in a forced-draught oven for 10 min at a temperature of $125 \pm 3^\circ\text{C}$ within a period of 25 s to 30 s after removal from the refrigerant.

Two tests shall be made.

5. **Test 17: Solder test** (applicable to enamelled round wires and bunched wires)

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

Whether or not the covering shall be removed is stated in the relevant specification sheet.

5.1 *Test specimen*

5.1.1 *Nominal conductor diameter up to and including 0.05 mm*

Eight wires shall be twisted together without undue tension in order to facilitate the winding on the carrier.

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.

5.1.2 *Nominal conductor diameter over 0.05 mm up to and including 0.1 mm*

A single wire is required.

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

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

soudure avec son axe à la verticale. Le matériau utilisé pour le porte-échantillon 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.

5.1.3 *Diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,1 mm*

Un seul fil de 200 mm de longueur est nécessaire.

5.1.4 *Fil toronné de diamètre extérieur jusqu'à et y compris 0,25 mm*

Une éprouvette est constituée par une longueur de fil toronné enroulé sur une distance de 15 mm à 20 mm autour de l'extrémité d'un fil étamé propre de 0,8 mm de diamètre et long de 200 mm. L'enroulement doit comporter cinq spires au minimum et dix spires au maximum, avec un léger espacement entre les spires.

5.1.5 *Fil toronné de diamètre extérieur supérieur à 0,25 mm*

Une longueur de fil toronné de 200 mm environ est nécessaire.

5.2 *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.

6. **Essai 20: Résistance à l'huile de transformateur en présence d'eau**

Note. Cet essai détermine la tension de claquage et la perte d'adhérence de l'émail après séjour du fil en présence d'huile de transformateur humide chauffée dans un système scellé.

L'eau peut affecter l'émail par hydrolyse et/ou par absorption. S'il n'y a qu'une absorption, le séchage des éprouvettes à 125 °C pendant une demi-heure avant l'essai de tension de claquage produira un relèvement de cette tension.

Les fils de diamètres nominaux compris entre 0,800 mm et 1,500 mm sont considérés comme adaptés aux manipulations et à l'essai.

6.1 *Fils de section circulaire émaillés*

6.1.1 *Éprouvettes d'essai*

Dix éprouvettes sont préparées conformément au paragraphe 4.3.1 de la Publication 851-5 de la CEI: Méthodes d'essai des fils de bobinage, Cinquième partie: Propriétés électriques.

Trois éprouvettes sont préparées conformément au paragraphe 5.1.1 de la Publication 851-3 de la CEI: Troisième partie: Propriétés mécaniques.

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.

5.1.3 *Nominal conductor diameter over 0.1 mm*

A single specimen 200 mm in length is required.

5.1.4 *Bunched wires with overall diameters up to and including 0.25 mm*

A specimen of the bunched wire to be tested shall be wound for a distance of 15 mm to 20 mm around the end of a 200 mm length of 0.8 mm diameter clean tinned copper wire; there shall be a minimum of five turns and a maximum of ten turns, with a slight spacing between the turns.

5.1.5 *Bunched wires with overall diameters over 0.25 mm*

A length of bunched wire of approximately 200 mm is required.

5.2 *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 six to ten times.

Three tests shall be made.

6. **Test 20: Resistance to transformer oil in the presence of water**

Note. – This test determines the breakdown voltage and loss of adhesion of enamel after the wire has been heated in wet transformer oil in a sealed system.

The water may affect the enamel by hydrolytic degradation and/or by absorption. If only absorption has occurred, drying the specimens at 125 °C for half an hour prior to the breakdown voltage test will produce a recovery in breakdown voltage.

Wires with a nominal conductor diameter between 0.800 mm and 1.500 mm have been generally found convenient to handle and to test.

6.1 *Enamelled round wires*

6.1.1 *Test specimens*

Ten specimens are prepared in accordance with Sub-clause 4.3.1 of IEC Publication 851-5: Methods of Test for Winding Wires, Part 5: Electrical Properties.

Three specimens are prepared in accordance with Sub-clause 5.1.1 of IEC Publication 851-3: Part 3: Mechanical Properties.

6.1.2 Appareil d'essai

On utilise un tube en acier inoxydable tenant à une pression de 6×10^6 Pa. Le chauffage du tube est réalisé par tous moyens appropriés. L'huile de transformateur est conforme à la Publication 296 de la CEI: Spécification des huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion. Le papier est conforme à la Publication 554-1 de la CEI: Spécification pour papiers celluloses à usages électriques, Première partie: Définitions et conditions générales, type I.

6.1.3 Procédure d'essai

Le tube de pression contient les composants indiqués dans le tableau I ou, à défaut, déterminés par accord entre acheteur et fournisseur.

TABLEAU I

Composants	Quantité en volume du récipient (%)
Huile de transformateur	50
Papier	6
Email	0,2
Eau distillée	0,1

Le tube de pression qui contient les 13 éprouvettes, les éprouvettes de fil supplémentaire* et le papier, est séché à une pression inférieure à 20 Pa, soit à 90 °C pendant 16 h soit à 105 °C pendant 4 h.

Après ce traitement de préconditionnement, le tube de pression est rempli avec de l'huile sèche désaérée et avec de l'eau distillée comme indiqué au tableau I.

Le tube de pression hermétiquement scellé est maintenu à 150 ± 2 °C pendant 168 h. Le tube de pression est ensuite refroidi jusqu'à la température ambiante.

Après ouverture du récipient, les éprouvettes conformes au paragraphe 4.3.1 de la Publication 851-5 de la CEI (fils torsadés) sont contrôlées dans l'huile quant à leur tension de claquage à 105 °C conformément au paragraphe 4.3.2 de la Publication 851-5 de la CEI.

Les éprouvettes conformes au paragraphe 5.1.1 de la Publication 851-3 de la CEI sont examinées quant à leur perte d'adhérence sous le grossissement indiqué à ce même paragraphe.

6.2 Fils de section rectangulaire émaillés

Essai à l'étude.

* La masse totale de fil nécessaire correspondant à la quantité requise d'email peut être calculée approximativement de la façon suivante:

$$G = \frac{Y \cdot V}{800 \cdot \delta \cdot d} \text{ (g)}$$

où:

V = volume du tube de pression (ml)

Y = masse de 1 m de fil (g)

δ = accroissement de diamètre dû à l'isolant (mm)

d = diamètre du fil (mm)

Après avoir été préparées selon le paragraphe 6.1.1, les éprouvettes sont pesées (G_1) et des morceaux de fil sont ajoutés (ΔG) pour compléter la masse totale (G):

$$G = G_1 + \Delta G$$