

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
851-4**

Deuxième édition
Second edition
1996-10

Fils de bobinage – Méthodes d'essai –

**Partie 4:
Propriétés chimiques**

Winding wires – Test methods –

**Part 4:
Chemical properties**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 851-4: 1996

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

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

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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

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

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
851-4**

Deuxième édition
Second edition
1996-10

Fils de bobinage – Méthodes d'essai –

**Partie 4:
Propriétés chimiques**

Winding wires – Test methods –

**Part 4:
Chemical properties**

© CEI 1996 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

M

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Essai 12: Résistance aux solvants	8
4 Essai 16: Résistance aux réfrigérants	12
5 Essai 17: Brasabilité	16
6 Essai 20: Résistance à l'huile de transformateur	18
Figures	22

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Test 12: Resistance to solvents	9
4 Test 16: Resistance to refrigerants	13
5 Test 17: Solderability	17
6 Test 20: Resistance to transformer oil	19
Figures	22

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 4: Propriétés chimiques

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 851-4 a été établie par le comité d'études 55 de la CEI: Fils de bobinage.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1985 et l'amendement 1 (1992), et constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
55/473A/FDIS	55/514/RVD

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

WINDING WIRES – TEST METHODS –

Part 4: Chemical properties

FOREWORD

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

International Standard IEC 851-4 has been prepared by IEC technical committee 55: Winding wires.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1985 and its amendment 1 (1992), and constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
55/473A/FDIS	55/514/RVD

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

INTRODUCTION

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

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60851-4:1996

INTRODUCTION

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

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60851-4:1996

Withd2Wm

FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 4: Propriétés chimiques

1 Domaine d'application

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

- Essai 12: Résistance aux solvants;
- Essai 16: Résistance aux fluides réfrigérants;
- Essai 17: Brasabilité;
- Essai 20: Résistance à l'huile de transformateur.

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

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 851. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 851 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 296: 1982, *Spécification des huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion*

CEI 554-1: 1977, *Spécification pour papiers cellulosiques à usages électriques – Première partie: Définitions et conditions générales*

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

CEI 851-3: 1996, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 3: Propriétés mécaniques*

CEI 851-5: 1996, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 5: Propriétés électriques*

3 Essai 12: Résistance aux solvants (applicable au fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal de conducteur supérieur à 0,250 mm et au fil de section rectangulaire émaillé)

La mesure de l'action du solvant sur l'émail n'est pas réalisable sur les fils jusqu'à et y compris 0,250 mm. L'essai ne sera appliqué que sur les fils supérieurs à 0,250 mm.

La résistance aux solvants est exprimée par la dureté-crayon du fil après l'action du solvant.

WINDING WIRES – TEST METHODS –

Part 4: Chemical properties

1 Scope

This part of IEC 851 specifies the following tests:

- Test 12: Resistance to solvents;
- Test 16: Resistance to refrigerants;
- Test 17: Solderability;
- Test 20: Resistance to transformer oil.

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

2 Normative references

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

IEC 296: 1982, *Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 554-1: 1977, *Specification for cellulosic papers for electrical purposes – Part 1: Definitions and general requirements*

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

IEC 851-3: 1996, *Winding wires – Test methods – Part 3: Mechanical properties*

IEC 851-5: 1996, *Winding wires – Test methods – Part 5: Electrical properties*

3 Test 12: Resistance to solvents (applicable to enamelled round wire with a nominal conductor diameter over 0,250 mm and to enamelled rectangular wire)

The effect of solvent on enamel is not practicable for wires up to and including 0,250 mm. The test should only be applicable to wires over 0,250 mm.

Resistance to solvents is expressed by the pencil hardness of the wire after solvent treatment.

3.1 Equipement

Les solvants suivants doivent être utilisés:

- solvant normalisé comme spécifié ci-dessous, ou
- solvant agréé entre acheteur et fournisseur.

Le solvant normalisé doit être un mélange de:

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

Le crayon utilisé doit avoir une mine de la dureté spécifiée dans la norme appropriée. Avant chaque essai, la pointe du crayon utilisé doit être affûtée avec une lime douce pour former un angle de 60° symétriquement par rapport à l'axe de la mine conformément à la figure 1.

3.2 Procédure

Une longueur de fil droit de 150 mm environ doit être préconditionnée pendant 10 min à $(130 \pm 3) ^\circ\text{C}$ dans une étuve à ventilation forcée. Une longueur substantielle du fil doit alors être immergée dans le solvant normalisé contenu dans un récipient cylindrique en verre; elle doit y être maintenue à $(60 \pm 3) ^\circ\text{C}$ pendant 30 min. Le fil doit alors être retiré du solvant. La dureté de la surface du fil doit alors être mesurée comme indiqué ci-après. Le temps écoulé entre la sortie du solvant et la mesure ne doit pas dépasser 30 s.

L'éprouvette à essayer doit être placée sur une surface lisse et dure conformément à la figure 1. Dans le cas de fils de section rectangulaire, l'essai doit être réalisé sur le côté plat du fil. La mine de crayon doit être placée suivant un angle d'environ 60° sur la surface du fil et la pointe affûtée du crayon doit être pressée lentement le long de la surface du fil avec une force d'environ 5 N.

Trois essais doivent être réalisés. On doit noter si le revêtement est enlevé et si le conducteur nu est visible.

NOTES

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

2 Si on désire déterminer la dureté de l'isolant, l'indice de dureté de l'émail doit être pris égal à celui de la mine de plus grande dureté avec laquelle on ne peut enlever l'émail, exprimé par la dureté-crayon. 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

3.1 Equipment

The following solvents shall be used:

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

The standard solvent shall be a mixture of:

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

The pencil to be used shall be a lead pencil of a hardness as specified in the relevant standard. 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 according to figure 1.

3.2 Procedure

A straight piece of wire, approximately 150 mm in length, shall be preconditioned for 10 min at $(130 \pm 3) ^\circ\text{C}$ in an oven with forced air circulation. A substantial length of the wire shall then be immersed in standard solvent contained in a glass cylinder, and shall be maintained therein at a temperature of $(60 \pm 3) ^\circ\text{C}$ for a period of 30 min. The wire shall then be removed from the solvent. The hardness of the wire surface shall then be determined, in the following manner, within a period of 30 s after removal from the solvent.

The specimen to be tested shall be laid on a smooth hard surface according to figure 1. In the case of rectangular wires, the test shall be carried out on the flat side of the wire. The pencil shall be placed on the surface of the wire at an angle of approximately 60° and the sharpened edge shall be pressed slowly along the surface of the wire with a force of approximately 5 N.

Three tests shall be made. It shall be reported, if the coating is removed with exposure of the bare conductor.

NOTES

- 1 This method can also be used for testing resistance to other fluids, for example 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 coating from the surface of the conductor shall be taken as the hardness of the wire surface, expressed by the pencil hardness. 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

4 Essai 16: Résistance aux réfrigérants (applicable au fil de section circulaire émaillé)

La résistance au réfrigérant 22 est exprimée par la quantité de matière extraite du revêtement du fil et par la tension de claquage après exposition au réfrigérant.

NOTES

1 Des fluides réfrigérants autres que le monochlorodifluorométhane (réfrigérant R 22) peuvent être utilisés. Dans ce cas, on veillera aux données critiques de tels fluides, et les conditions de pression dans le récipient satisferont aux autres conditions d'essai.

2 Des fluides réfrigérants comme le monochlorodifluorométhane et des fluides de rinçage comme le trichlorotrifluoréthane (réfrigérant R 113) sont des produits chimiques réducteurs d'ozone (PRCO). Il sera donc nécessaire de réviser cette méthode d'essai dès que des produits de substitution seront connus.

4.1 Extraction

4.1.1 Principe

Une coupe avec siphon contenant le fil est placée dans un récipient sous pression. La matière extraite est déterminée après exposition du fil au réfrigérant sous pression à température élevée.

4.1.2 Equipement

L'équipement suivant doit être utilisé:

- une coupe avec siphon conforme à la figure 2, d'une capacité de 450 ml jusqu'au point de siphonage;
- un récipient sous pression d'une capacité de 2 000 ml, d'un diamètre intérieur approximatif de 100 mm permettant une pression d'utilisation de 200 bar (20 MPa), de construction non soudée de préférence et équipé d'un système de chauffage régulé;
- le couvercle supérieur du récipient comprend un condenseur conforme à la figure 3;
- une étuve à ventilation forcée.

4.1.3 Epreuve

Huit bobinages de 70 spires doivent être réalisés avec des échantillons de fil avec chacun $(0,6 \pm 0,1)$ g d'isolant. Les éprouvettes doivent être dégraissées et conditionnées en étuve à ventilation forcée à (150 ± 3) °C pendant 15 min. Après refroidissement de 30 min, les huit éprouvettes doivent être pesées ensemble à 0,0001 g près: cela constitue la masse initiale M_i .

4.1.4 Procédure

Les huit éprouvettes doivent être placées dans la coupe avec siphon qui est suspendue à (25 ± 5) mm au-dessous du condenseur placé sous le couvercle du récipient sous pression. Le récipient de pression doit être fermé et chargé de (700 ± 25) g de réfrigérant 22. L'alimentation en eau et l'écoulement du condenseur doivent être branchés et le récipient de pression doit être chauffé entre 70 °C et 80 °C au moyen d'un système de chauffage régulé. Le débit d'eau dans le condenseur doit être ajusté de façon à réaliser de 20 à 25 siphonages à l'heure de la coupe avec siphon. La durée de l'extraction doit être de 6 h.

4 Test 16: Resistance to refrigerants (applicable to enamelled round wire)

Resistance to refrigerant 22 is expressed by the quantity of matter extracted from the coating of the wire and by the breakdown voltage after exposure to a refrigerant.

NOTES

1 Refrigerants other than monochlorodifluoromethane (refrigerant R 22) may be used. In this case, the critical data of such fluid should be observed and the layout of the pressure vessel should comply with the test altered conditions.

2 Refrigerants like monochlorodifluoromethane and rinsing fluids like trichlorotrifluoroethane (refrigerant R 113) are ozone depleting chemicals (ODC). Therefore, it will be necessary to revise this method of test as soon as substitute materials are identified.

4.1 Extraction

4.1.1 Principle

A siphon cup containing the wire sample is placed in the pressure vessel. The extractable matter is determined after exposure of the wire sample to the refrigerant under pressure and at elevated temperature.

4.1.2 Equipment

The following equipment shall be used:

- siphon cup according to figure 2, of 450 ml volume up to the siphoning level;
- pressure vessel of 2 000 ml volume with an internal diameter of approximately 100 mm and a pressure capacity of 200 bar (20 MPa), preferably of unwelded construction and provided with a controlled heating system;
- top closure of the vessel containing a condenser coil according to figure 3;
- oven with forced air circulation.

4.1.3 Specimen

Eight wire samples each containing $(0,6 \pm 0,1)$ g of insulation shall be wound into coils of 70 turns. The specimens shall be degreased and conditioned in an oven with forced air circulation at $(150 \pm 3) ^\circ\text{C}$ for 15 min. After 30 min cooling, the eight specimens shall be weighed together to the nearest 0,0001 g, resulting in the total initial mass M_1 .

4.1.4 Procedure

The eight specimens shall be placed in the siphon cup, which is suspended (25 ± 5) mm below the condenser coil on the pressure vessel cover. The pressure vessel shall be assembled and charged with (700 ± 25) g of refrigerant 22. The condenser water supply and drain line shall be connected and the pressure vessel shall be heated by means of a controlled heating system with the temperature set between $70 ^\circ\text{C}$ and $80 ^\circ\text{C}$. The water flowing through the condenser shall be adjusted to maintain a reflux rate of 20 to 25 discharges per hour from the siphon cup. The extraction period shall be 6 h.

La pression de vapeur du réfrigérant 22 pour la gamme de température spécifiée ci-dessus est comprise entre 30 bar et 37 bar (3 MPa à 3,7 MPa). La pression critique du réfrigérant 22 est de 50 bar (5 MPa). La pression du récipient ne doit pas dépasser 40 bar (4 MPa). Avant son utilisation, on doit vérifier que la soupape de sécurité fonctionne correctement.

NOTE - Il est recommandé de couper automatiquement le chauffage si la pression dépasse 40 bar (4 MPa) ou si le débit d'eau du condenseur s'interrompt.

A la fin du temps d'extraction, le récipient sous pression doit être refroidi à l'aide de neige carbonique pour liquéfier le réfrigérant; on doit alors faire tomber la pression et ouvrir le récipient. Les éprouvettes et la coupe avec siphon doivent être rincées avec du trichlorotrifluoréthane distillé (R 113 déshuilé) (voir la note 2 de cet article). Le produit de rinçage doit être versé dans le récipient de pression. Le réfrigérant doit alors être évaporé jusqu'à 5 mm environ du fond du récipient de pression. Les parois du récipient de pression doivent être nettoyées à l'aide de deux rinçages successifs de 100 ml de chlorure de méthylène chacun et les solvants doivent être évaporés sous une hotte ou dans un espace bien aéré jusqu'à 5 mm du fond du récipient de pression.

Le liquide doit être transféré dans une capsule d'aluminium préalablement séchée et tarée avec 15 ml de chlorure de méthylène de rinçage puis évaporé à sec à $(150 \pm 3)^\circ\text{C}$ pendant 1 h. La capsule doit être refroidie à la température ambiante dans un dessiccateur. La capsule d'aluminium avec le résidu doit être pesée à 0,0001 g près et la tare de la capsule est soustraite. La différence est la masse de résidu totale M_2 de matière extraite pour les huit éprouvettes.

L'isolant des bobinages doit être retiré à l'aide d'un moyen chimique approprié qui n'affecte pas le conducteur, les conducteurs nus doivent être séchés à $(150 \pm 3)^\circ\text{C}$ pendant (15 ± 1) min et refroidis à la température ambiante dans un dessiccateur. Les huit bobinages doivent être pesés ensemble à 0,0001 g près, et leur masse est la masse totale du conducteur M_3 .

4.1.5 Résultats

La matière extraite doit être déterminée par l'équation suivante:

$$\text{Matière extraite} = \frac{M_2}{M_1 - M_3} \times 100 \%$$

Un essai doit être réalisé. On doit noter les masses M_1 , M_2 et M_3 , la température et la pression du récipient, ainsi que la matière extraite.

4.2 Tension de claquage

4.2.1 Principe

Une éprouvette préparée selon 4.4.1 de la CEI 851-5 est placée dans le récipient sous pression selon les modalités de 4.2.2. La tension de claquage est déterminée après exposition de l'éprouvette au réfrigérant sous pression et à température élevée.

The vapour pressure of refrigerant 22 corresponding to the temperature range as specified above is 30 bar to 37 bar (3 MPa to 3,7 MPa). The critical pressure of refrigerant 22 is 50 bar (5 MPa). The pressure in the vessel shall not exceed 40 bar (4 MPa). Therefore, prior to use the over-pressure control valve shall be checked to ensure its proper functioning.

NOTE – It is recommended that the heating system is automatically deactivated, if the pressure exceeds 40 bar (4 MPa) or if the water flow through the condenser coil is interrupted.

At the end of the extraction period, the pressure vessel shall be cooled by means of solid carbon dioxide to liquify the refrigerant, the pressure shall be released and the pressure vessel opened. The specimens and siphon cup shall be rinsed with distilled trichlorotrifluoroethane (oil-free R 113) (see note 2 of this clause). The rinse shall be poured into the pressure vessel. The refrigerant shall then be evaporated to approximately 5 mm of the bottom of the pressure vessel. The walls of the pressure vessel shall be washed with two successive rinses each of 100 ml methylene chloride and the solvents shall then be evaporated under a hood or in a well-ventilated area to approximately 5 mm from the bottom of the pressure vessel.

The liquid sample shall be transferred to a pre-dried tared aluminium weighing dish with a 15 ml methylene chloride rinse and then evaporated to dryness at $(150 \pm 3) ^\circ\text{C}$ for 1 h. The weighing dish shall then be cooled to room temperature in a desiccator. The dish with the residue shall be weighed to the nearest 0,0001 g and the original tared mass of the same dish subtracted. The difference is the total residue mass M_2 of the matter extracted from the eight specimens.

The insulation on the coils shall be removed by suitable chemical means not affecting the conductor, and the bare conductors shall be dried at $(150 \pm 3) ^\circ\text{C}$ for (15 ± 1) min and cooled to room temperature in a desiccator. They shall be weighed to the nearest 0,0001 g and the mass of the eight conductors together is the total conductor mass M_3 .

4.1.5 Result

The extractable matter shall be determined according to the following equation:

$$\text{Extractable matter} = \frac{M_2}{M_1 - M_3} \times 100 \%$$

One test shall be made. The masses M_1 , M_2 , M_3 , the temperature and the pressure of the pressure vessel and the extractable matter shall be reported.

4.2 Breakdown voltage

4.2.1 Principle

A specimen prepared according to 4.4.1 of IEC 851-5 is placed in a pressure vessel according to 4.2.2. The breakdown voltage is determined after exposure of the specimen to the refrigerant under pressure and at elevated temperature.

4.2.2 Procédure

L'éprouvette doit être conditionnée en étuve à $(150 \pm 3) ^\circ\text{C}$ pendant 4 h puis placée dans le récipient de pression qui doit être fermé et rempli de $(1\,400 \pm 50)$ g de réfrigérant. Le récipient sous pression doit être chauffé selon 4.1.4 de la présente norme, mais pendant (72 ± 1) h.

A la fin du temps d'exposition, le récipient sous pression doit être refroidi et vidé comme décrit en 4.1.4. Lorsque la pression absolue à l'intérieur du tube est inférieure à 2 bar (0,2 MPa), le récipient de pression doit être ouvert et l'éprouvette doit être transférée dans une étuve à $(150 \pm 3) ^\circ\text{C}$ en un temps compris entre 25 s et 30 s. L'éprouvette doit être maintenue dans l'étuve pendant (10 ± 1) min. Après avoir sorti l'éprouvette de l'étuve et l'avoir laissée refroidir à la température ambiante, la tension de claquage doit être déterminée selon 4.4.1 de la CEI 851-5.

4.2.3 Résultats

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

5 Essai 17: Brasabilité (applicable au fil de section circulaire émaillé et au fil toronné)

La brasabilité est exprimée par le temps d'immersion nécessaire pour enlever le revêtement et recouvrir de brasure le conducteur d'une éprouvette plongée dans un bain de brasure.

5.1 Equipement

L'équipement suivant doit être utilisé:

- un bain de brasure à température régulée d'un volume suffisant pour en maintenir la température constante quand on immerge l'éprouvette à la température spécifiée dans la norme appropriée. La composition de la brasure doit être d'un rapport de masse de 60 parties d'étain pour 40 parties de plomb;
- un porte-éprouvette qui laisse le fil libre sur au moins 20 mm entre les points d'appui quand il est immergé dans la brasure. Le matériel utilisé pour le porte-éprouvette ne doit pas contaminer le bain de brasure et les dimensions du support ne doivent pas modifier sensiblement la température du bain de brasure pendant l'immersion.

NOTE – Une contamination de la brasure par l'oxydation ou la présence de cuivre peut affecter le résultat.

5.2 Specimen

5.2.1 Diamètre nominal du conducteur jusqu'à 0,050 mm inclus

Huit longueurs de fil droit doivent être torsadées ensemble sans tension excessive et doivent être bobinées sur le porte-éprouvette.

5.2.2 Diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,050 jusqu'à 0,100 mm inclus

Une longueur de fil droit doit être bobinée sur le porte-éprouvette.

5.2.3 Diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,100 mm

Une longueur de fil droit de 200 mm est nécessaire.

4.2.2 Procedure

The specimen shall be conditioned in the oven (150 ± 3) °C for 4 h and then placed in the pressure vessel, which shall be assembled and charged with ($1\,400 \pm 50$) g of refrigerant. The pressure vessel shall be heated according to 4.1.4 of this standard but for a period of (72 ± 1) h.

At the end of the exposure period, the pressure vessel shall be cooled and discharged as described under 4.1.4. When the pressure inside the tube is less than 2 bar (0,2 MPa) absolute, the pressure vessel shall be opened and the specimen, within a period of 25 s to 30 s, transferred to the oven at a temperature of (150 ± 3) °C. The specimen shall remain in the oven for (10 ± 1) min. After the specimen is removed from the oven and allowed to cool to room temperature, the breakdown voltage shall be determined according to 4.4.1 of IEC 851-5.

4.2.3 Result

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

5 Test 17: Solderability (applicable to enamelled round wire and bunched wire)

Solderability is expressed by the time of immersion of the specimen in a solder bath required to remove the coating and to coat the conductor with solder.

5.1 Equipment

The following equipment shall be used:

- temperature controlled solder bath of sufficient volume to maintain a constant solder temperature when immersing the specimen at any temperature specified in the relevant standard. Solder composition shall be of a mass ratio of 60 parts tin to 40 parts lead;
- any specimen holder that holds the wire under test free for at least 20 mm between the points of support when immersed into the solder. The material used for the specimen holder shall be such that the solder does not undergo any contamination and the dimensions of the holder shall not lead to significant change of the bath temperature during immersion.

NOTE - Contamination of the solder due to oxidation or from copper may affect the results.

5.2 Specimen

5.2.1 Nominal conductor diameter up to and including 0,050 mm

Eight straight pieces of wires shall be twisted together without undue tension and shall be wound on the specimen holder.

5.2.2 Nominal conductor diameter over 0,050 mm up to and including 0,100 mm

A straight piece of wire shall be wound on a specimen holder.

5.2.3 Nominal conductor diameter over 0,100 mm

A straight piece of wire 200 mm in length is required.

5.2.4 *Fil toronné de diamètre extérieur jusqu'à 0,250 mm inclus*

Une longueur de fil toronné doit être bobiné sur une distance de 15 mm à 20 mm à l'extrémité d'un fil droit de cuivre étamé propre de diamètre nominal du conducteur de 0,800 mm et de 200 mm de long. Il doit y avoir entre cinq et dix spires légèrement espacées.

5.2.5 *Fil toronné de diamètre extérieur supérieur à 0,250 mm*

Une longueur de fil toronné droit de 200 mm approximativement est nécessaire.

5.3 *Procédure*

L'éprouvette doit être tenue verticalement au-dessus du centre du bain maintenu à la température spécifiée dans la norme appropriée. L'extrémité inférieure doit être abaissée à 20 mm au-dessous de 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 donné dans la feuille de spécification appropriée l'éprouvette doit subir un mouvement latéral dans le bain avant d'être retirée de la brasure.

On doit examiner la surface du fil étamé avec un grossissement de six à dix fois. Dans le cas de fil de diamètre nominal du conducteur jusqu'à 0,100 mm inclus, l'examen doit être limité à la partie libre de l'éprouvette.

Trois éprouvettes doivent être essayées. On doit noter l'état de surface du fil.

6 **Essai 20: Résistance à l'huile de transformateur**

La résistance à l'huile de transformateur est exprimée par la tension de claquage et par la souplesse et l'adhérence après exposition de l'éprouvette à l'huile de transformateur en présence d'eau sous pression et à température élevée.

NOTE – L'eau peut altérer l'émail par hydrolyse et/ou par absorption. Si l'absorption seule intervient, un séchage à $(125 \pm 3) ^\circ\text{C}$ pendant une demi-heure avant l'essai de tension de claquage régénère l'éprouvette. Un fil de diamètre nominal du conducteur compris entre 0,800 mm et 1,500 mm est considéré comme adapté aux manipulations et à l'essai.

6.1 *Équipement*

L'équipement suivant doit être utilisé:

- un récipient en acier inoxydable d'un volume d'au moins 300 ml supportant une pression de 60 bar, de construction non soudée de préférence et équipé d'un système de chauffage régulé;
- de l'huile de transformateur conforme à la CEI 296;
- du papier conforme à la CEI 554-1, type 1.

6.2 *Fil de section circulaire émaillé*

6.2.1 *Éprouvette*

Dix éprouvettes doivent être préparées selon 4.4.1 de la CEI 851-5 et trois éprouvettes selon 5.1.1 de la CEI 851-3.

5.2.4 *Bunched wire with overall diameter up to and including 0,250 mm*

A piece of bunched wire shall be wound for a distance of 15 mm to 20 mm around the end of a straight piece of clean tinned copper wire of a nominal conductor diameter of 0,800 mm and 200 mm in length. There shall be a minimum of five turns and a maximum of ten turns with a slight spacing between the turns.

5.2.5 *Bunched wire with overall diameter over 0,250 mm*

A straight piece of bunched wire approximately 200 mm in length is required.

5.3 *Procedure*

The specimen shall be held vertically over the centre of the bath maintained at the temperature as specified in the relevant standard. The bottom end shall be lowered to 20 mm below the surface of the bath. The position at which the specimen is immersed shall be within 10 mm of the point where the temperature is measured. After immersion 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 wire shall be examined with a magnification of from six to ten times. In the case of wire up to and including 0,100 mm nominal conductor diameter, the examination shall be restricted to the free length of the specimen.

Three specimens shall be tested. The condition of the surface of the wire shall be reported.

6 **Test 20: Resistance to transformer oil**

Resistance to transformer oil is expressed by breakdown voltage and adherence and flexibility after exposure of the specimen to transformer oil in the presence of water under pressure and at elevated temperature.

NOTE - The water may affect the enamel by hydrolytic degradation and/or by absorption. If only absorption has occurred, drying at $(125 \pm 3) ^\circ\text{C}$ for half an hour prior to the breakdown voltage test will produce a recovery of the specimen. Wire with a nominal diameter between 0,800 mm and 1,500 mm has been generally found convenient to handle and to test.

6.1 *Equipment*

The following equipment shall be used:

- stainless steel pressure vessel of at least 300 ml volume with a pressure capacity of 60 bar, preferably of unwelded construction and provided with a controlled heating system;
- transformer oil according to IEC 296;
- paper according to IEC 554-1, type 1.

6.2 *Enamelled round wire*

6.2.1 *Specimen*

Ten specimens shall be prepared in accordance with 4.4.1 of IEC 851-5 and three specimens in accordance with 5.1.1 of IEC 851-3.