

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60851-4

Edition 2.2

2005-03

Edition 2:1996 consolidée par les amendements 1:1997 et 2:2005
Edition 2:1996 consolidated with amendments 1:1997 and 2:2005

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 60851-4:1996+A1:1997+A2:2005

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions 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.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. 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.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. 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 also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60851-4

Edition 2.2

2005-03

Edition 2:1996 consolidée par les amendements 1:1997 et 2:2005
Edition 2:1996 consolidated with amendments 1:1997 and 2:2005

Fils de bobinage – Méthodes d'essai –

**Partie 4:
Propriétés chimiques**

Winding wires – Test methods –

**Part 4:
Chemical properties**

© IEC 2005 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.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	4
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application.....	10
2 Références normatives	10
3 Essai 12: Résistance aux solvants (applicable au fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal de conducteur supérieur à 0,250 mm et applicable au fil de section rectangulaire émaillé).....	10
4 Essai 16: Résistance aux réfrigérants (applicable au fil de section circulaire émaillé).....	12
5 Essai 17: Brasabilité (applicable au fil de section circulaire émaillé et au fil toronné).....	16
6 Essai 20: Résistance à l'hydrolyse et à l'huile de transformateur (applicable au fil de bobinage émaillé)	20
Figure 1 – Essai aux solvants: crayon et éprouvette.....	26
Figure 2 – Récipient à siphon pour extraction par un réfrigérant.....	28
Figure 3 – Condenseur	30
Figure 4 – Exemple de support pour l'essai de brasabilité	32
Tableau 1 – Volume des éléments	22

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Test 12: Resistance to solvents (applicable to enamelled round wire with a nominal conductor diameter over 0,250 mm and applicable to enamelled rectangular wire)	11
4 Test 16: Resistance to refrigerants (applicable to enamelled round wire)	13
5 Test 17: Solderability (applicable to enamelled round wire and bunched wire)	17
6 Test 20: Resistance to hydrolysis and to transformer oil (applicable to enamelled wire)	21
Figure 1 – Pencil and specimen for solvent test	27
Figure 2 – Refrigerant extractable test siphon cup	29
Figure 3 – Condenser coils	31
Figure 4 – Example of carrier for solderability test	33
Table 1 – Volume of components	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 4: Propriétés chimiques

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI 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 60851-4 a été établie par le comité d'études 55 de la CEI: Fils de bobinage.

La présente version consolidée de la CEI 60851-4 comprend la deuxième édition (1996) [documents 55/473A/FDIS et 55/514/RVD], son amendement 1 (1997) [documents 55/597/FDIS et 55/614/RVD] et son amendement 2 (2005) [documents 55/924/FDIS et 55/937/RVD].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à ses amendements; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 2.2.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par les amendements 1 et 2.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

WINDING WIRES – TEST METHODS –

Part 4: Chemical properties

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60851-4 has been prepared by IEC technical committee 55: Winding wires.

This consolidated version of IEC 60851-4 consists of the second edition of IEC 60851-4 (1996) [documents 55/473A/FDIS and 55/514/RVD], its amendment 1 (1997) [documents 55/597/FDIS and 55/614/RVD] and its amendment 2 (2005) [documents 55/924/FDIS and 55/937/RVD].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendments and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 2.2.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendments 1 and 2.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60851-4:1996+AMD1:1997+AMD2:2005 CSV

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60851-4:1996+AMD1:1997+AMD2:2005 CSV

Withdrawn

INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 60851 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 60851);
- b) les spécifications (CEI 60317);
- c) le conditionnement (CEI 60264).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60851-4:1996+AMD1:1997+AMD2:2005 CSV

INTRODUCTION

This part of IEC 60851 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 60851);
- b) specifications (IEC 60317);
- c) packaging (IEC 60264).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60851-4:1996+AMD1:1997+AMD2:2005 CSV

FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 4: Propriétés chimiques

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60851 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 60851-1.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60296:1982, *Spécification des huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillage de connexion*

CEI 60554-1:1977, *Spécification pour papiers cellulose à usages électriques – Première partie: Définitions et conditions générales*

CEI 60851-1:1996, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 1: Généralités*

CEI 60851-3:1996, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 3: Propriétés mécaniques*

CEI 60851-5:1996, *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 applicable au fil de section rectangulaire émaillé)

L'essai n'est pas adapté aux fils de section circulaire de diamètre nominal de conducteur jusqu'à 0,250 mm inclus.

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

3.1 Equipement

Les solvants suivants doivent être utilisés:

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

WINDING WIRES – TEST METHODS –

Part 4: Chemical properties

1 Scope

This part of IEC 60851 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 60851-1.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60296:1982, *Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 60554-1:1977, *Specification for cellulosic papers for electrical purposes – Part 1: Definitions and general requirements*

IEC 60851-1:1996, *Winding wires – Test methods – Part 1: General*

IEC 60851-3:1996, *Winding wires – Test methods – Part 3: Mechanical properties*

IEC 60851-5:1996, *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 applicable to enamelled rectangular wire)

The test is not suitable for round wires with a nominal conductor diameter up to and including 0,250 mm.

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

3.1 Equipment

The following solvents shall be used:

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

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 ± 1) min à (130 ± 3) °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 ± 3) °C pendant (30 ± 3) 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 le plus grand du fil. La mine de crayon doit être placée suivant un angle d'environ (60 ± 5) ° 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 $(5 \pm 0,5)$ N.

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

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

NOTE 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

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

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

NOTE 1 Les données de cette méthode d'essai s'appliquent au monochlorodifluorométhane (réfrigérant R 22). D'autres réfrigérants peuvent être utilisés, auquel cas il est recommandé de veiller aux données critiques de tels fluides, et il convient que le fonctionnement du récipient sous pression satisfasse aux conditions d'essai révisées.

NOTE 2 Des fluides réfrigérants comme le monochlorodifluorométhane et des fluides de rinçage comme le trichlorotrifluoréthane (réfrigérant R 113) sont des produits chimiques réducteurs de la couche d'ozone (PRCO). Il convient que le réfrigérant et le fluide de rinçage fassent l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

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.

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 ± 1) min at (130 ± 3) °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 ± 3) °C for a period of (30 ± 3) 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 largest side of the wire. The pencil shall be placed on the surface of the wire at an angle of approximately (60 ± 5) ° and the sharpened edge shall be pressed slowly along the surface of the wire with a force of approximately $(5 \pm 0,5)$ N.

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

NOTE 1 This method can also be used for testing resistance to other fluids, for example oil.

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

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

NOTE 1 The data in this test method apply to monochlorodifluoromethane (refrigerant R 22). Other refrigerants may be used, in which case the critical data for such fluid should be observed and operation of the pressure vessel should comply with the revised test conditions.

NOTE 2 Refrigerants like monochlorodifluoromethane and rinsing fluids like trichlorotrifluoroethane (refrigerant R 113) are ozone depleting chemicals (ODC). Refrigerant and rinsing fluid should be agreed upon between customer and supplier.

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 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 bars (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 Eprouvette

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_1 .

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 sous pression doit être fermé et chargé de (700 ± 25) g de réfrigérant distillé exempt de lubrifiant. L'alimentation en eau et l'écoulement du condenseur doivent être branchés et le récipient sous pression doit être chauffé au moyen d'un système de chauffage régulé à la température réglée à (75 ± 5) °C ou à une température inférieure si nécessaire pour répondre aux conditions de l'alinéa qui suit relatif à la pression critique. Le débit d'eau dans le condenseur doit être ajusté de façon à réaliser de 20 à 25 siphonnages à l'heure de la coupe avec siphon. La durée de l'extraction doit être de 6 h.

La pression du récipient ne doit pas dépasser 75 % de la pression critique du réfrigérant choisi. De ce fait, 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 75 % de la pression critique du réfrigérant choisi ou si le débit d'eau du condenseur s'interrompt.

A la fin du temps d'extraction, le récipient sous pression doit être refroidi. Le réfrigérant doit être retiré du récipient sous pression et récupéré en utilisant des moyens adaptés tels qu'un compresseur frigorifique et un système de récupération. On doit alors faire tomber la pression et ouvrir le récipient.

Pour les opérations suivantes, le fluide de rinçage doit être distillé avant utilisation.

Les éprouvettes et la coupe avec siphon doivent être rincées avec le fluide de rinçage agréé, le produit de rinçage est versé dans le récipient sous pression, les parois du récipient sous pression sont nettoyées à l'aide de deux rinçages successifs de 100 ml de fluide de rinçage. Le fluide doit alors être évaporé jusqu'à (5 ± 1) mm du fond du récipient sous pression et récupéré de manière sûre.

L'échantillon de liquide doit être transféré dans une capsule d'aluminium préalablement séchée et tarée. Le récipient sous pression doit être rincé avec 15 ml de fluide de rinçage, qui est transféré dans la capsule, puis évaporé jusqu'à siccité à (150 ± 3) °C pendant 60 à 65 min. La capsule doit ensuite être refroidie à la température ambiante dans un dessiccateur. La capsule d'aluminium avec le résidu doit être pesée à 0,0001 g près. La tare de la capsule est soustraite du résultat. La différence est la masse de résidu totale M_2 de matière extraite pour les huit éprouvettes.

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 ± 3) °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 distilled refrigerant free from lubricant. 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 to (75 ± 5) °C or a lower temperature if required to comply with the conditions of the following paragraph relating to critical pressure. 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.

The pressure in the vessel shall not exceed 75 % of the critical pressure of the refrigerant chosen. 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 be automatically deactivated if the pressure exceeds 75 % of the critical pressure of the refrigerant chosen or if the water flow through the condenser coil is interrupted.

At the end of the extraction period the pressure vessel shall be cooled. The refrigerant shall be removed from the pressure vessel and recovered using suitable means such as a refrigerant compressor and recovery system. The pressure shall be released and the pressure vessel opened.

For the following operations, the rinsing fluid shall be distilled before use.

The specimens and siphon cup shall be rinsed with the agreed rinsing fluid, the rinse poured into the pressure vessel and the walls of the pressure vessel washed with two successive rinses each of 100 ml of rinsing fluid. The fluid shall then be evaporated to (5 ± 1) mm from the bottom of the pressure vessel and recovered in a safe manner.

The liquid sample shall be transferred to a pre-dried tared aluminium weighing dish and the pressure vessel rinsed with 15 ml of rinsing fluid, which is transferred to the dish and then evaporated to dryness at (150 ± 3) °C for 60 to 65 min. 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.

L'isolant des bobinages doit être retiré à l'aide d'un moyen chimique approprié qui n'affecte pas le conducteur, et 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 , M_3 , le réfrigérant, le fluide de rinçage, la température et la pression du récipient, ainsi que le pourcentage de matière extraite.

4.2 Tension de claquage

4.2.1 Principe

Une éprouvette préparée selon 4.4.1 de la CEI 60851-5 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.

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 bars (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 60851-5.

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.

Avertissement de sécurité: Danger chimique – Le plomb a été reconnu, par les organismes réglementaires, comme étant une substance dangereuse. Les principales voies d'exposition sont l'inhalation et l'ingestion. Il faut que les informations contenues dans la Fiche de donnée de sécurité (FDS) concernant le plomb, l'étain, le diluant et l'alcool soient respectées pendant l'utilisation, la manipulation et la destruction de ces produits. Une ventilation adéquate ou une extraction forcée des vapeurs du bain de brasure et des produits issus des différents isolants soudables peut être nécessaire pour satisfaire aux règlements sur l'environnement.

Avertissement de sécurité: Danger thermique – Des précautions doivent être prises durant l'extraction des échantillons en essai du bain de brasure pour éviter des brûlures de la peau.

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 refrigerant, rinsing fluid, temperature, pressure of the pressure vessel and the percentage extractable matter shall be reported.

4.2 Breakdown voltage

4.2.1 Principle

A specimen prepared according to 4.4.1 of IEC 60851-5 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 Procedure

The specimen shall be conditioned in the oven $(150 \pm 3) ^\circ\text{C}$ 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 $(150 \pm 3) ^\circ\text{C}$. 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 60851-5.

4.2.3 Result

Five specimens shall be tested. The five individual 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.

Safety warning: Chemical hazard – Lead has been recognized by regulatory agencies to be a hazardous substance. Primary routes of exposure are by inhalation and ingestion. The information contained in the Material safety data sheet (MSDS) for lead, tin, flux and alcohol must be adhered to while using, handling or disposing of these products. Adequate ventilation or forced exhausting of solder pot vapours and products of decomposition from various solderable insulations may be necessary to comply with environmental regulations.

Safety warning: Thermal hazard – Care must be exercised in removing test specimens from the solder pot to avoid skin burns.

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 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 l'éprouvette est immergée 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. Toutes les impuretés qui se créent doivent être enlevées de la surface de la brasure avant chaque essai; la température doit être réglable à ± 5 °C de la température de la spécification appropriée.
- Tout support adapté qui laisse le fil libre pendant au moins (35 ± 5) mm entre les points d'appui (voir la Figure 4). Le matériau utilisé pour le support ne doit pas contaminer le bain de brasure. 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 les résultats.

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 (35 ± 5) mm au-dessous de la surface du bain. 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.

La surface du fil étamé doit être examinée avec un grossissement de 6X à 10X. 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 $(25 \pm 2,5)$ mm au centre entre les appuis. Dans le cas de fil de diamètre nominal du conducteur supérieur 0,100 mm et de fil toronné, l'examen doit être limité aux 15 mm inférieurs du segment immergé dans le pot.

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

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 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 dross which forms shall be removed from the surface of the solder before each test; the temperature shall be controllable with ± 5 °C of the relevant specification temperature.
- Any suitable carrier that allows the wire to be held free for at least (35 ± 5) mm between the points of support (see Figure 4). The material used for the carrier shall be such that the solder bath does not undergo any contamination. The dimensions of the carrier shall not lead to appreciable changes in the bath temperature during immersion.

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

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 (35 ± 5) 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 6X to 10X. In the case of wire up to and including 0,100 mm nominal conductor diameter, the examination shall be restricted to the centre $(25 \pm 2,5)$ mm free length section between the supports. In the case of wire over 0,100 mm nominal conductor diameter and bunched wires, the examination shall be restricted to the lower 15 mm of the segment immersed in the pot.

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

6 Essai 20: Résistance à l'hydrolyse et à l'huile de transformateur

(applicable au fil de bobinage émaillé)

La résistance à l'hydrolyse est exprimée par l'aspect et l'adhérence des éprouvettes après exposition à l'huile de transformateur en présence d'eau sous pression et à température élevée.

La résistance à l'huile de transformateur est exprimée par la tension de claquage et la souplesse des éprouvettes après exposition à l'huile de transformateur sous pression et à température élevée.

NOTE L'eau peut affecter le revêtement par dégradation hydrolytique et/ou par absorption. Si l'absorption seule apparaît, un séchage de l'éprouvette à $125\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ pendant 30 min avant l'essai de tension de claquage permettra à l'éprouvette de retrouver ses performances. Un fil de diamètre nominal du conducteur compris entre 0,800 mm et 1,500 mm a généralement été jugé convenable pour les manipulations et pour l'essai.

6.1 Fil de section circulaire

6.1.1 Equipement

L'équipement suivant est utilisé:

- deux tubes en verre de diamètre 25 mm et de longueur 300 mm qui peuvent être scellés;
- un récipient en acier inoxydable de volume 400 ml à 500 ml, pouvant supporter une pression de 6×10^6 Pa, de préférence sans soudure et équipé d'une régulation de chauffage;
- de l'huile de transformateur conforme à la CEI 60296;
- du papier conforme à la CEI 60554-1, type 1.

6.1.2 Eprouvettes

Les éprouvettes suivantes doivent être préparées:

- 12 longueurs droites de fil d'une longueur d'environ deux tiers de la hauteur interne du récipient sous pression;
- 10 éprouvettes torsadées préparées conformément à 4.4.1 de la CEI 60851-5 pour les conducteurs de diamètre nominal jusques et y compris 2,500 mm ou 10 éprouvettes droites essayées conformément à 4.5.1 de la CEI 60851-5 pour les conducteurs de diamètre nominal supérieur à 2,500 mm ;
- 3 éprouvettes enroulées sur mandrin préparées conformément à 5.1.1 de la CEI 60851-3 pour les conducteurs de diamètre nominal jusques et y compris 1,600 mm ou 3 éprouvettes droites essayées conformément à 5.2 de la CEI 60851-3 pour les conducteurs de diamètre nominal supérieur à 1,600 mm.

6.1.3 Procédure

6.1.3.1 Résistance à l'hydrolyse

Six longueurs droites de fil préparées conformément à 6.1.2 sont placées dans le récipient sous pression ainsi qu'une quantité d'huile de transformateur séchée et dégazée, sans microbulles, suffisante pour occuper $(52,5 \pm 2,5)\%$ du volume du récipient sous pression. Le récipient sous pression doit être scellé et chauffé à $(150 \pm 3)\text{ °C}$ pendant (24 ± 1) h, après quoi on le laisse refroidir à température ambiante avant de l'ouvrir. Les éprouvettes doivent être examinées en vision normale. L'essai doit être répété avec une quantité d'eau égale à $(0,3 \pm 0,1)\%$ du volume d'huile utilisé que l'on ajoute au récipient sous pression.

Un essai doit être réalisé. Tous changements d'aspect et d'adhérence doivent être notés.

6 Test 20: Resistance to hydrolysis and to transformer oil (applicable to enamelled wire)

Resistance to hydrolysis is expressed by appearance and adherence after exposure of the specimens to transformer oil in the presence of water under pressure and at elevated temperature.

Resistance to transformer oil is expressed by breakdown voltage and flexibility after exposure of the specimens to transformer oil under pressure and at elevated temperature.

NOTE The water may affect the coating by hydrolytic degradation and/or by absorption. If only absorption has occurred, drying the specimen at $125\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 30 min prior to the breakdown voltage test will produce a recovery of the specimen. Wire with a nominal conductor diameter between 0,800 mm and 1,500 mm has been generally found convenient to handle and to test.

6.1 Round wire

6.1.1 Equipment

The following equipment shall be used:

- two glass tubes of 25 mm diameter and 300 mm length capable of being sealed;
- stainless steel pressure vessel of 400 ml to 500 ml volume with a pressure capacity of 6×10^6 Pa, preferably of unwelded construction and provided with a controlled heating system;
- transformer oil according to IEC 60296;
- paper according to IEC 60554-1, type 1.

6.1.2 Specimens

The following specimens shall be prepared:

- 12 straight pieces of wire with a length of approximately two-thirds of the internal height of pressure vessel;
- 10 twisted pair specimens prepared in accordance with 4.4.1 of IEC 60851-5 for nominal conductor diameter up to and including 2,500 mm or 10 straight specimens tested in accordance with 4.5.1 of IEC 60851-5 for nominal conductor diameter over 2,500 mm;
- 3 mandrel-wound specimens prepared in accordance with 5.1.1 of IEC 60851-3 for nominal conductor diameter up to and including 1,600 mm or 3 straight specimens tested in accordance with 5.2 of IEC 60851-3 for a nominal conductor diameter over 1,600 mm.

6.1.3 Procedure

6.1.3.1 Resistance to hydrolysis

Six straight pieces of wire prepared according to 6.1.2 are placed in the pressure vessel together with a quantity of de-aerated dry transformer oil sufficient to occupy $(52,5 \pm 2,5)\%$ of the volume of the pressure vessel. The pressure vessel shall be sealed and heated to $(150 \pm 3)\text{ }^{\circ}\text{C}$ for (24 ± 1) h, after which it is allowed to cool to room temperature before opening. The specimens shall be examined with normal vision. The test shall be repeated with a quantity of water equal to $(0,3 \pm 0,1)\%$ of the volume of oil used being added to the pressure vessel.

One test shall be made. Any changes in appearance and adherence shall be reported

6.1.3.2 Résistance à l'huile de transformateur

En fonction du diamètre et conformément à 6.1.2, le récipient sous pression doit contenir 10 éprouvettes torsadées ou droites, trois éprouvettes enroulées sur mandrin ou éprouvettes droites et des morceaux de fil supplémentaires pour obtenir le volume de revêtement¹ spécifié dans le Tableau 1. Le récipient sous pression doit ensuite être chargé selon les quantités spécifiées dans le Tableau 1. L'huile et le papier doivent être séchés juste avant leur ajout et l'huile dégazée, sans microbulles, à une pression de 2 kPa pendant (16 ± 1) h à (90 ± 3) °C ou pendant $(4 \pm 0,30)$ h à (105 ± 3) °C.

Tableau 1 – Volume des éléments

Élément	Volume du récipient %
Huile de transformateur	65 ± 5
Papier	4 ± 1
Revêtement	$0,275 \pm 0,075$
Acier	*
* Selon accord entre l'utilisateur et le fournisseur.	

Le récipient fermé supportant la pression doit être chauffé à la température de la classe du fil ± 3 °C ou à (150 ± 3) °C, si la température de la classe est supérieure à 150 °C, et maintenue pendant $(1\,000 \pm 10)$ h. On doit ensuite laisser refroidir le récipient sous pression à température ambiante, puis il est ramené à la pression ordinaire et ouvert. Cinq des 10 éprouvettes doivent être essayées à (105 ± 3) °C pour la tension de claquage avec les échantillons dans l'air selon 4.4.2 ou 4.5.2 de la CEI 60851-5, en fonction du diamètre du conducteur. Les cinq éprouvettes restantes sur les 10 doivent être séchées à (125 ± 3) °C pendant (30 ± 5) min, puis laissées refroidir à la température ambiante et ensuite essayées à (105 ± 3) °C pour la tension de claquage dans l'air selon 4.4.2 ou 4.5.2 de la CEI 60851-5, en fonction du diamètre du conducteur.

Les trois éprouvettes doivent être examinées en vue de déceler les craquelures éventuelles selon 5.1.1.1 ou 5.2 de la CEI 60851-3, en fonction du diamètre du conducteur.

Un essai doit être réalisé. Les valeurs individuelles de tension de claquage ainsi que les craquelures éventuelles doivent être notées.

6.2 Fil de section rectangulaire

6.2.1 Equipement

L'équipement décrit en 6.1.1 est utilisé.

¹ La masse totale de fil en grammes qui donne le volume exigé d'émail peut être calculée approximativement par la formule:

$$M = \frac{Y \times V}{600 \times \delta \times D}$$

où

V est le volume du récipient sous pression en millilitres;

Y est la masse de 1 m de fil en grammes;

δ est l'accroissement de diamètre dû au revêtement en millimètres;

D est le diamètre extérieur du fil en millimètres.

6.1.3.2 Resistance to transformer oil

Depending on the diameter and according to 6.1.2, the pressure vessel shall contain 10 twisted pair or straight specimens, three mandrel-wound or straight specimens and extra pieces of wire to arrive at the volume of coating¹ specified in Table 1. The pressure vessel shall be charged in accordance with the components and quantities specified in Table 1. Immediately prior to their addition, the oil and paper shall be dried and the oil de-aerated at a pressure of 2 kPa for (16 ± 1) h at (90 ± 3) °C or for $(4 \pm 0,30)$ h at (105 ± 3) °C.

Table 1 – Volume of components

Component	Container volume %
Transformer oil	65 ± 5
Paper	4 ± 1
Coating	$0,275 \pm 0,075$
Steel	*
* By agreement between purchaser and supplier.	

The sealed pressure vessel shall be heated to the class temperature of the wire ± 3 °C, or to (150 ± 3) °C, if class temperature is higher than 150 °C, and maintained for $(1\,000 \pm 10)$ h. The pressure vessel shall then be allowed to cool to room temperature, discharged and opened. Five of the 10 specimens shall be tested at (105 ± 3) °C for breakdown voltage with the specimens in air in accordance with either 4.4.2 or 4.5.2 of IEC 60851-5, depending on the conductor diameter. The remaining five of the 10 specimens shall be dried at (125 ± 3) °C for (30 ± 5) min, allowed to cool to room temperature and then tested at (105 ± 3) °C for breakdown voltage in air in accordance with either 4.4.2 or 4.5.2 of IEC 60851-5, depending on the conductor diameter.

The three specimens shall be examined for cracks according to either 5.1.1.1 or 5.2 of IEC 60851-3, depending on the conductor diameter.

One test shall be made. The individual values of breakdown voltage and any cracks shall be reported.

6.2 Rectangular wire

6.2.1 Equipment

Equipment according to 6.1.1 shall be used.

¹ The total mass of wire in grams to provide the required volume of enamel can be calculated approximately by:

$$M = \frac{Y \times V}{600 \times \delta \times D}$$

where

V is the volume of the pressure vessel in millilitres;

Y is the mass of 1 m of wire in grams;

δ is the increase in diameter due to the coating in millimetres;

D is the overall diameter of the wire in millimetres.

6.2.2 Epreuves

Les épreuves suivantes sont préparées:

- 10 longueurs droites de fil d'une longueur d'environ deux tiers de la hauteur interne du récipient sous pression;
- quatre épreuves en forme de U préparées conformément à 4.7.1 de la CEI 60851-5;
- deux épreuves enroulées sur mandrin préparées conformément à 5.1.2 de la CEI 60851-3.

6.2.3 Procédure

6.2.3.1 Résistance à l'hydrolyse

Chacun des tubes est chargé avec cinq longueurs droites de fil conformes à 6.2.2 et avec 80 ml d'huile de transformateur séchée et désaérée. Dans l'un des tubes on ajoute $0,24 \text{ ml} \pm 0,01 \text{ ml}$ d'eau distillée. Les deux tubes sont scellés et placés dans une étuve pendant 24 h à $150 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$. Les tubes sont alors retirés de l'étuve et laissés refroidir à température ambiante puis ouverts. Les épreuves sont examinées en vision normale.

Un seul essai est effectué. Les changements d'aspect et d'adhérence sont notés.

6.2.3.2 Résistance à l'huile de transformateur

Le récipient supportant la pression doit contenir quatre épreuves en forme de U, deux épreuves enroulées sur mandrin et des morceaux de fil supplémentaires pour obtenir le volume de revêtement² spécifié dans le Tableau 1. Le récipient sous pression doit ensuite être chargé, selon les quantités spécifiées dans le Tableau 1, avec de l'huile et du papier, qui doivent avoir été séchés séparément immédiatement avant l'ajout à une pression maximale de 2 kPa pendant $(16 \pm 1) \text{ h}$ à $(90 \pm 3) \text{ °C}$ ou pendant $(4 \pm 0,1) \text{ h}$ à $(105 \pm 3) \text{ °C}$. Le récipient fermé supportant la pression doit être chauffé à la température de classe du fil $\pm 3 \text{ °C}$ ou à $(150 \pm 3) \text{ °C}$, si la température de classe est supérieure à 150 °C , et maintenue pendant $(1\,000 \pm 10) \text{ h}$. On doit ensuite laisser refroidir le récipient sous pression à température ambiante, puis il est ramené à la pression ordinaire et ouvert. Deux des épreuves en forme de U doivent être essayées pour la tension de claquage dans l'air à $(105 \pm 3) \text{ °C}$ selon 4.7.2 de la CEI 60851-5. Les deux épreuves en forme de U restantes doivent être séchées à $(125 \pm 3) \text{ °C}$ pendant $(30 \pm 5) \text{ min}$, puis laissées refroidir à la température ambiante et ensuite essayées pour la tension de claquage dans l'air à $(105 \pm 3) \text{ °C}$ conformément à 4.7.2 de la CEI 60851-5.

Les épreuves enroulées sur mandrin doivent être examinées en vue de déceler les craquelures éventuelles selon 5.1.2 de la CEI 60851-3.

Un essai doit être réalisé. Les valeurs individuelles de tension de claquage ainsi que les craquelures éventuelles doivent être notées.

² La masse totale de fil en grammes qui donne le volume exigé d'émail peut être calculée approximativement par la formule:

$$M = \frac{Y \times V}{385 \times \delta \times (W + T)}$$

où

V est le volume du récipient sous pression en millilitres;
Y est la masse de 1 m de fil en grammes;
 δ est l'accroissement d'épaisseur dû au revêtement en millimètres;
W est la largeur extérieure du fil en millimètres;
T est l'épaisseur extérieure du fil en millimètres.

6.2.2 Specimens

The following specimens shall be prepared:

- 10 straight pieces of wire with a length of approximately two-thirds of the internal height of pressure vessel;
- four U-shaped specimens prepared in accordance with 4.7.1 of IEC 60851-5;
- two mandrel bent specimens prepared in accordance with 5.1.2 of IEC 60851-3.

6.2.3 Procedure

6.2.3.1 Resistance to hydrolysis

Each of the tubes shall be charged with five straight pieces of wire according to 6.2.2 and 80 ml de-aerated dry transformer oil. To one of the tubes, 0,24 ml $\pm$ 0,01 ml of distilled water shall be added. The two tubes shall be sealed and placed in an oven for 24 h at 150 °C $\pm$ 3 °C. The tubes shall then be removed from the oven, and then allowed to cool down to room temperature and opened. The specimens shall be examined with normal vision.

One test shall be made. Any changes in appearance and adherence shall be reported.

6.2.3.2 Resistance to transformer oil

The pressure vessel shall contain four U-shaped specimens, two mandrel bent specimens and extra pieces of wire to arrive at the volume of coating² specified in Table 1. The pressure vessel shall then be charged, in accordance with the quantities specified in Table 1, with oil and paper which shall have been dried separately immediately prior to addition at a pressure of maximum 2 kPa for (16 $\pm$ 1) h at (90 $\pm$ 3) °C or for (4 $\pm$ 0,1) h at (105 $\pm$ 3) °C. The sealed pressure vessel shall be heated to the class temperature of the wire $\pm$ 3 °C, or to (150 $\pm$ 3) °C if class temperature is higher than 150 °C, and maintained for (1 000 $\pm$ 10) h. The pressure vessel shall then be allowed to cool to room temperature, discharged and opened. Two of the U-shaped specimens shall be tested at (105 $\pm$ 3) °C for breakdown voltage in air in accordance with 4.7.2 of IEC 60851-5. The remaining two of the U-shaped specimens shall be dried at (125 $\pm$ 3) °C for (30 $\pm$ 5) min, allowed to cool to room temperature and then tested at (105 $\pm$ 3) °C for breakdown voltage in air according to 4.7.2 of IEC 60851-5.

The mandrel-bent specimens shall be examined for cracks according to 5.1.2 of IEC 60851-3.

One test shall be made. The individual values of breakdown voltage and any cracks shall be reported.

² The total mass of wire in grams to provide the required volume of enamel can be calculated approximately by:

$$M = \frac{Y \times V}{385 \times \delta \times (W + T)}$$

where

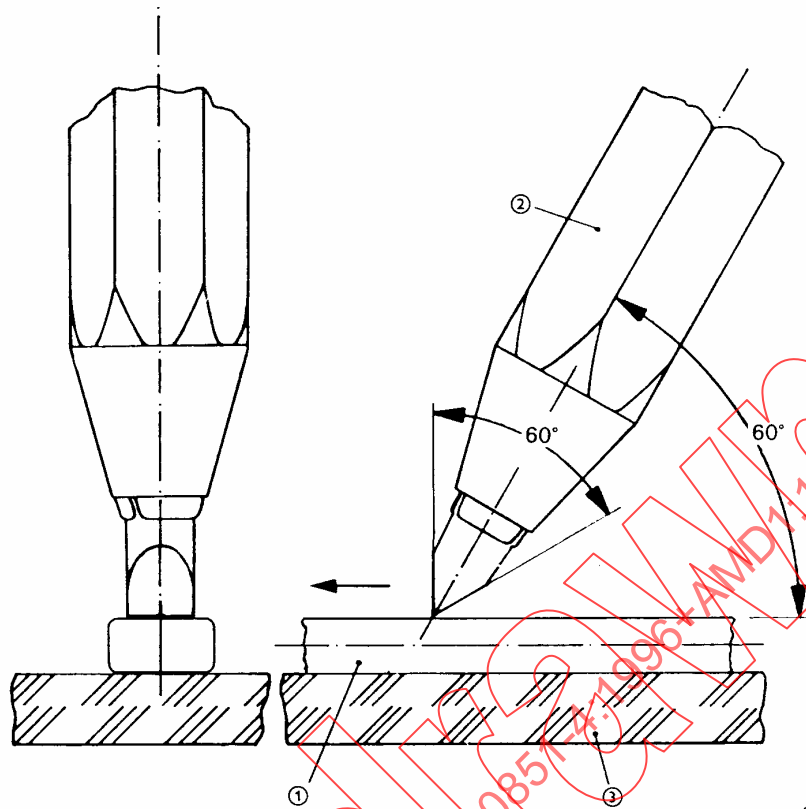
V is the volume of the pressure vessel in millilitres;

Y is the mass of 1 m of wire in grams;

δ is the increase in thickness due to the coating in millimetres;

W is the overall width of the wire in millimetres;

T is the overall thickness of the wire in millimetres.



074/78

NOTE Tolérances d'angles $\pm 5^\circ$.

Figure 1 – Essai aux solvants: crayon et éprouvette