

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials –
Part 401: Miscellaneous tests – Thermal ageing methods – Ageing in an air oven**

**Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux
non-métalliques –
Partie 401: Essais divers – Méthodes de vieillissement thermique –
Vieillissement en étuve à air**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60811-401:2012



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials –
Part 401: Miscellaneous tests – Thermal ageing methods – Ageing in an air oven**

**Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux
non-métalliques –
Partie 401: Essais divers – Méthodes de vieillissement thermique –
Vieillissement en étuve à air**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

R

ICS 29.035.01; 29.060.20

ISBN 978-2-88912-961-4

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Test method	6
4.1 General.....	6
4.2 Influence of the ageing treatment on the mechanical characteristics.....	7
4.2.1 Apparatus.....	7
4.2.2 Sample and test pieces preparation.....	7
4.2.3 Ageing procedure	7
4.2.4 Measurements.....	8
4.2.5 Expression of results	8
4.2.6 Requirements	9
4.2.7 Test report.....	9
4.3 Bending test on test pieces of core.....	9
4.3.1 Apparatus.....	9
4.3.2 Sample and test pieces preparation.....	9
4.3.3 Procedure.....	9
4.3.4 Requirement.....	10
4.3.5 Test report.....	10
Annex A (normative) Methods of measuring air flow in ovens.....	11
Annex B (normative) Test pieces preparation in presence of copper or metal coated copper conductor	15
Annex C (normative) Sample and test pieces preparation for ageing of complete cable	18
Bibliography.....	19
Figure A.1 – Flowmeter for air-flow control in air ovens for method 2	13
Figure A.2 – Calibration diagram of the capillary tube of the flowmeter for air-flow control in air ovens for method 2.....	14
Figure B.1 – Specially prepared test pieces	17
Figure B.2 – Dumb-bell test pieces preparation after ageing	17
Table 1 – Number of turns for bending test	10
Table B.1 – Summary of ageing tests for insulated conductors in case of difficulties in preparing test pieces due to conductor insulation or separator adhesion during ageing.....	15

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRIC AND OPTICAL FIBRE CABLES –
TEST METHODS FOR NON-METALLIC MATERIALS –****Part 401: Miscellaneous tests –
Thermal ageing methods – Ageing in an air oven**

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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 60811-401 has been prepared by IEC technical committee 20: Electric cables.

This Part 401 of IEC 60811 cancels and replaces 8.1 and 8.4 of IEC 60811-1-2:1985, which is withdrawn. Full details of the replacements are shown in Annex A of IEC 60811-100:2012.

There are no specific technical changes with respect to the previous edition, but see the Foreword to IEC 60811-100:2012.

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

FDIS	Report on voting
20/1285/FDIS	20/1334/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.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

This part of IEC 60811 shall be used in conjunction with IEC 60811-100.

A list of all the parts in the IEC 60811 series, published under the general title *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability 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 60811-401:2012

INTRODUCTION

The IEC 60811 series specifies the test methods to be used for testing non-metallic materials of all types of cables. These test methods are intended to be referenced in standards for cable construction and for cable materials.

NOTE 1 Non-metallic materials are typically used for insulating, sheathing, bedding, filling or taping within cables.

NOTE 2 These test methods are accepted as basic and fundamental and have been developed and used over many years principally for the materials in all energy cables. They have also been widely accepted and used for other cables, in particular optical fibre cables, communication and control cables and cables for ships and offshore applications.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60811-401:2012

ELECTRIC AND OPTICAL FIBRE CABLES – TEST METHODS FOR NON-METALLIC MATERIALS –

Part 401: Miscellaneous tests – Thermal ageing methods – Ageing in an air oven

1 Scope

This Part 401 of IEC 60811 specifies the procedure for ageing in an air oven, which typically applies to crosslinked and thermoplastic compounds used for insulating and sheathing materials.

2 Normative references

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

IEC 60228, *Conductors of insulated cables*

IEC 60811-100:2012, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 100: General*

IEC 60811-409, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 409: Miscellaneous tests – Loss of mass test for thermoplastic insulations and sheaths*

IEC 60811-501, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 501: Mechanical tests – Tests for determining the mechanical properties of insulating and sheathing compounds*

IEC 60811-504, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 504: Mechanical tests – Bending tests at low temperature for insulation and sheaths*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60811-100 apply.

4 Test method

4.1 General

This part of IEC 60811 shall be used in conjunction with IEC 60811-100.

Unless otherwise specified, tests shall be carried out at room temperature.

An ageing treatment in an air oven may be required by the relevant cable standard:

- a) for prepared test pieces of insulating or sheathing material only (see 4.2.3.2);
- b) for prepared test pieces of cores (conductor and insulation) (see 4.2.3.2 and 4.2.3.3 if necessary);

- c) for test pieces of completed cable (see 4.2.3.4);
- d) for the loss of mass test (see IEC 60811-409).

The ageing test a) or b) and the loss of mass test d) may be combined and carried out on the same test pieces when the aging time and aging temperature are the same.

In general, mechanical characteristics are measured after treatment, but in some cases, the conductor and the separator, if any, cannot be removed without damaging the insulation and a bending test is realized on the circular conductor up to and including 16 mm². Ageing followed by the bending test is considered the acceptance procedure in case of dispute.

4.2 Influence of the ageing treatment on the mechanical characteristics

4.2.1 Apparatus

The ageing treatment is realized in an oven with natural air flow or air flow by pressure. The air shall enter the oven in such a way that it flows over the surface of the test pieces and leaves near the top of the oven. The oven shall have not less than 8 and not more than 20 complete air changes per hour at the specified ageing temperature. Two test methods for measuring air flow through an oven are given in Annex A.

Unless otherwise specified in the relevant cable specification, a rotating fan inside the oven is allowed when testing rubber compounds. For all other compounds a fan shall not be used inside the oven, and in cases of dispute, rubber compounds shall also be tested in an oven which is designed to operate without a fan rotating inside it.

4.2.2 Sample and test pieces preparation

The sample of the cable, or sheath removed from the cable, or samples of core, cut into pieces which are sufficiently long, shall be taken, preferably from positions close to that from which the samples for the tensile tests without ageing are taken in accordance with IEC 60811-501.

Test pieces, dumb-bell or tubular, are prepared according to IEC 60811-501.

Test pieces can consist of samples of core, cut into pieces which are sufficiently long. If, after ageing, the conductor and the separator, if any, can be removed without damaging the insulation, preparation of test pieces shall be carried out according to Annex B (Clause B.2). For circular conductors up to and including 16 mm² and having plain or metal coated wires and also when a separator around the conductor is included, a bending test is carried out on the aged test pieces.

4.2.3 Ageing procedure

4.2.3.1 General

This test shall be carried out not less than 16 h after the extrusion or cross-linking, if any, of the insulating or sheathing compounds. It can be done on tubular or dumb-bell test pieces prepared according to IEC 60811-501 or insulated cores as described in the present standard.

4.2.3.2 Ageing procedure for test pieces prepared according to IEC 60811-501 and Clause B.1 and B.2.2 and Annex C of this standard

This procedure shall be used for

- test pieces of insulating material without conductor and of sheathing material, according to IEC 60811-501,
- test pieces of cores with the original conductor (see Clause B.1),
- tubular test pieces with a reduced conductor (see B.2.2),

- complete cable (see Annex C).

Compounds of obviously different compositions shall not be tested at the same time in the same oven.

Five test pieces, as specified in IEC 60811-501 shall be suspended vertically and substantially in the middle of the oven so that each test piece is at least 20 mm from any other test pieces.

The test pieces shall not occupy more than 2 % of the volume of the oven.

The test pieces shall be kept in the oven at the temperature and for the time specified for the material in the relevant standard for the type of cable.

As soon as the ageing period is completed, the test pieces shall be removed from the oven and left at ambient temperature, avoiding direct sunlight, for at least 16 h.

4.2.3.3 Ageing procedure for test pieces prepared from conductors above 16 mm²

The following procedure shall be used when the conductor and the separator, if any, cannot be removed without damaging the insulation after ageing.

The test pieces prepared as described in B.2.3.1 shall be placed substantially in the middle of the oven so that each test piece is at least 20 mm from any other test pieces. They shall be supported at both ends and the insulation shall not contact any object other than the binding wire. The test pieces shall not occupy more than 2 % of the volume of the oven, and they shall be kept in the oven at the temperature and for the time specified in the relevant standard for the type of cable.

As soon as the ageing period is completed, the test pieces shall be removed from the oven, left at ambient temperature avoiding direct sunlight, for at least 16 h, dumb-bell are prepared as described in B.2.3.2.

4.2.3.4 Ageing procedure for pieces of complete cable

The three test pieces of cable as described in Clause C.1 shall be suspended vertically and substantially in the middle of the oven at least 20 mm away from any other piece and shall not occupy more than 2 % of the volume of the oven.

The test pieces of cable shall be kept in the oven at the temperature and for the time specified in the relevant standard for the type of cable.

As soon as the specified heating period is completed, the test pieces of cable shall be removed from the oven and left at ambient temperature, avoiding direct sunlight, for at least 16 h.

4.2.4 Measurements

Determination of the mechanical properties on aged dumb-bell and/or tubular test pieces obtained directly after ageing or prepared after ageing, according to the case (see B.2.3 or Clause C.2) shall then be carried out in accordance of IEC 60811-501.

4.2.5 Expression of results

Calculate the tensile strength and the elongation at break, according to the definitions given in IEC 60811-501.

If required by the standard for the material in the relevant standard for the type of cable, the values found for the aged test pieces shall be calculated, in terms of variation compared to the untreated test pieces according to the following formulae:

$$V_T = \frac{T_E - T_U}{T_U} \times 100 \quad (1)$$

$$V_E = \frac{E_E - E_U}{E_U} \times 100 \quad (2)$$

where

- V_T variation of the tensile strength in per cent;
- T_E tensile strength of aged test piece;
- T_U tensile strength of untreated test piece;
- V_E variation of the elongation at break in per cent;
- E_E elongation at break of aged test piece in per cent;
- E_U elongation at break of untreated test piece in per cent.

NOTE The untreated specimen is kept at room temperature.

4.2.6 Requirements

The value and the variation between the median value obtained of the test pieces aged and the median value of the values obtained for the untreated test pieces (see IEC 60811-501) expressed as a percentage of the latter shall not exceed the percentage specified in the standard for the material in the relevant standard for the type of cable.

4.2.7 Test report

The test report shall be in accordance with that given in IEC 60811-100.

4.3 Bending test on test pieces of core

4.3.1 Apparatus

Ageing is carried out in an oven as described in 4.2.1.

The bending test apparatus is described in IEC 60811-504.

4.3.2 Sample and test pieces preparation

Two samples of suitable length shall be taken from each core to be tested preferably from positions close to that from which the samples for the tensile tests without ageing are taken (see IEC 60811-504).

4.3.3 Procedure

Test pieces are aged according to the procedure described in 4.2.3.3.

As soon as the ageing period is completed, the test pieces shall be removed from the oven and left at room temperature, avoiding direct sunlight, for at least 16 h.

Each test piece shall then be bent at ambient temperature around a mandrel so as to form a close helix.

The bending procedure shall be carried out uniformly at a rate of one turn in about 5 s.

The bending tests may be carried out with the apparatus described in IEC 60811-504.

The diameter of the mandrel shall be f times the diameter of the core. The values of f and also the number of turns are specified as follows.

Table 1 – Number of turns for bending test

Cross-sectional area of conductor mm ²	Factor f	Number of turns
Up to and including 2,5	1 ±0,1	7
4 and 6	2 ±0,1	6
10 and 16	4 ±0,1	5

4.3.4 Requirement

At the end of the bending procedure the test pieces shall be examined while still on the mandrel. The insulation of both test pieces shall not show any crack when examined with normal or corrected vision without magnification. Any cracks in the first or the last turn on the mandrel shall be disregarded.

4.3.5 Test report

The test report shall be in accordance with that given in IEC 60811-100.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60811-401:2012

Annex A (normative)

Methods of measuring air flow in ovens

A.1 Method 1 – Indirect or power consumption method

A.1.1 In this method, the additional power required to maintain the oven at a given temperature with its ports open, over that required to maintain the oven at the same temperature with its ports closed, is used as a measure of the quantity of air passing through the oven when the ports are open. The average power ($P1$ watts) required to maintain the oven temperature at the specified ageing temperature when the ports are open is determined over a period of 30 min or longer. The ventilation ports (and, if necessary, the thermometer aperture) are then closed and the average power ($P2$ watts) to maintain the same temperature over a similar period is determined. It is essential that the difference between the oven temperature and the room temperature should be the same for the two tests to within 0,2 °C. The room temperature should be measured at a point about 2 m from the oven, approximately level with its base, and at least 0,6 m from any solid objects.

A.1.2 The amount of air passing through the oven, when the ports are open, is given by the formulae:

$$m = \frac{P1 - P2}{C_p (t_2 - t_1)} \quad (\text{A.1})$$

$$V = \frac{3\,600\,m}{d} \quad (\text{A.2})$$

where

C_p is the specific heat of air constant pressure ($\text{J} \times \text{g}^{-1} \times \text{K}^{-1}$);

t_1 is the room temperature, in degrees Celsius;

t_2 is the oven temperature, in degrees Celsius;

$P1 - P2$ is the difference in power consumption, as defined in A.1.1;

m is the mass of air, in grams per second;

V is the volume of air, in litres per hour;

d is the density of air in the laboratory at the time of test, in grams per litre.

NOTE The density of air at 101,3 kPa (760 mm Hg) and 20 °C is 1,205 g/l.

$$\text{Hence: } V = \frac{3\,600 (P1 - P2)}{1,003\,d (t_2 - t_1)} \quad \text{or} \quad V = \frac{3\,590 (P1 - P2)}{d (t_2 - t_1)}$$

This formula assumes that, when the ports are closed, no air passes through the oven. Therefore, there should be no leakages; the air-tight door joint should be sealed with adhesive tape and all apertures, including the inlet port, should be effectively closed.

A.1.3 If the power consumption is measured with a wattmeter, the total length of time, in seconds, for which the oven heaters are “on” shall be measured with a stop-watch and the reading of the wattmeter shall be taken once during each “on” period.

The average of the wattage readings multiplied by the total time registered by the stop-watch and divided by the duration of the test, in seconds, is taken as the power, in watts, required to maintain a constant temperature.

A.1.4 If a watt-hour or kilowatt-hour meter is used, the reading of the total energy consumption registered by the meter shall be divided by the duration of the test, measured as a fraction of an hour. If a household kilowatt-hour meter is used, the dial units are too large to enable a sufficient accuracy to be obtained over a reasonably short test, and the rotating disc with which these meters are provided shall be used therefore as the power consumption indicator. The meter shall be put into operation until the index mark on the disc is opposite the centre of the window; it shall then be disconnected until the start of the test.

To reduce the possible error, the period of test shall be long enough to permit 100 revolutions of the disc and the test shall preferably be ended when the mark on the disc is visible. If, however, the mark is out of sight at the end of the test, an estimated fraction of a revolution shall be added. The test shall be started and stopped at corresponding points on the "on-off" heating cycle (e.g., at the moment when the heaters are switched on by the thermostat).

A.2 Method 2 – Direct and continuous method

A.2.1 Description of the equipment

Starting from the high-pressure air source, i.e. from a pipe system or air cylinders:

A.2.1.1 Air pressure regulator

A device to reduce the air pressure from the many atmospheres of the supply mains to the quite low-pressure values needed for supplying the oven. It is equipped with an adjustable valve which permits a constant pressure downstream.

A.2.1.2 Flowmeter

An instrument with which the rate of air flow can be measured. It is illustrated by Figure A.1, and operates on a manometric principle, with:

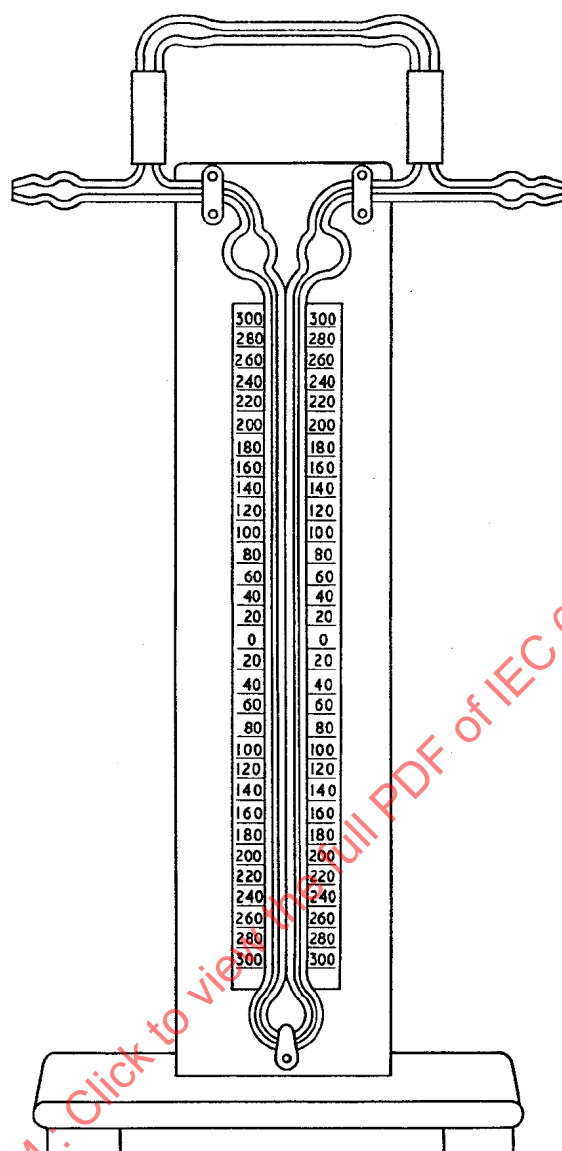
- a) A calibrated capillary tube, with an internal calibrated diameter of about 2 mm and a calibrated length of about 70 mm. Figure A.2 shows a typical calibration diagram which permits the control of air flow up to 500 l/h or 600 l/h.
- b) A manometric tube with a double graduation of pressure difference ranging between 0 mm and ± 300 mm of water. Distilled water is the manometric liquid.

A.2.1.3 Air oven

An air oven to be operated when carefully sealed, including sealing round the inlet tube, which should preferably enter the oven through the bottom. The outflow hole, which should be at the top of the oven, is the only port to be open.

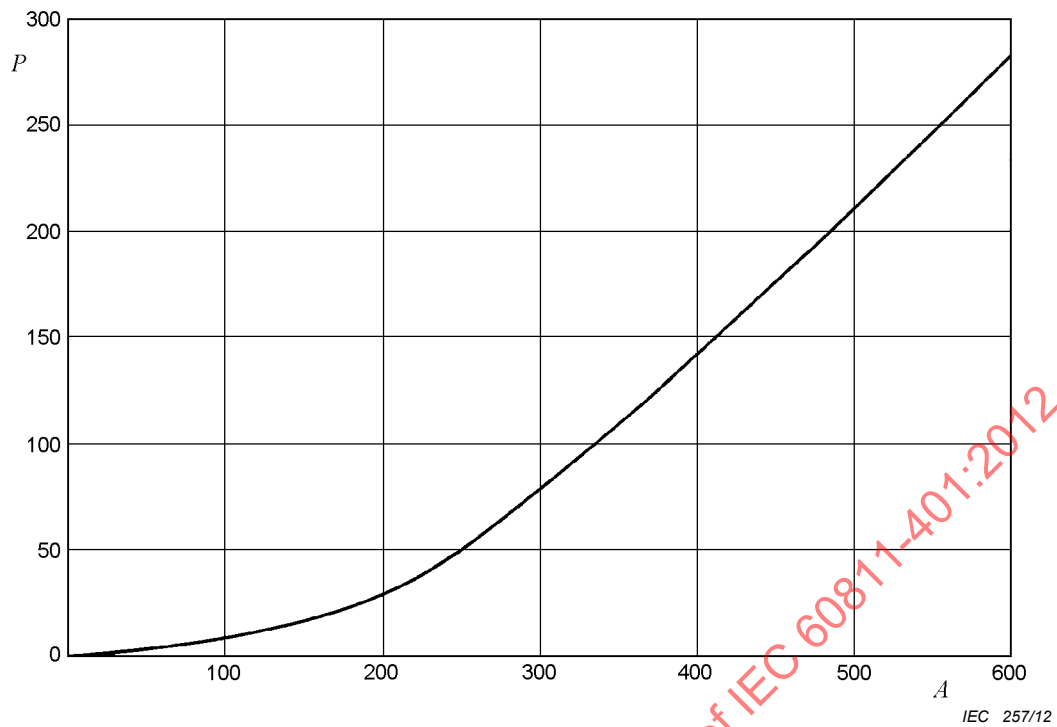
NOTE The following two features facilitate the reliability of the method and the equipment:

- the flowmeter described above can be considered as fully reliable, easy to manufacture and to calibrate, as well as suitable for the range of air rates involved here;
- as shown by tests the adoption of a slightly "forced" ventilation does not alter, in practice, the uniformity of the temperature at the various points in the ovens.



IEC 256/12

Figure A.1 – Flowmeter for air-flow control in air ovens for method 2



Key

P pressure differences, millimetres of water

A air flow in litres per hour

NOTE Capillary tube, diameter: $d = 2$ mm; length: $l = 70$ mm.

Figure A.2 – Calibration diagram of the capillary tube of the flowmeter for air-flow control in air ovens for method 2

Annex B (normative)

Test pieces preparation in presence of copper or metal coated copper conductor

B.1 Test pieces preparation of cores with the original conductor

When the conductor and the separator, if any, can be removed without damaging the insulation after ageing, the procedure shall be as follows: samples of core, cut into pieces which are sufficiently long, shall be taken, preferably from positions close to that from which the samples for the tensile tests without ageing are taken in accordance with IEC 60811-501. They shall then be aged as described in 4.2.3.2, after which the conductor shall be removed and the cross-sectional area of the test pieces shall be determined according to IEC 60811-501.

B.2 Test pieces preparation in case of adhesion of conductor insulation or separator after ageing

B.2.1 General

When it is not possible to remove the conductor or the separator, if any, after the ageing procedure without damaging the insulation, the appropriate preparation and test method shall be applied as given in Table B.1.

Table B.1 – Summary of ageing tests for insulated conductors in case of difficulties in preparing test pieces due to conductor insulation or separator adhesion during ageing

Class of copper conductor and conductor form acc. to IEC 60228	Test method
Class 1: plain copper	See B.2.2.1 or, if this method also gives rise to adhesion problems, see 4.3. Ageing followed by the bending test is considered the acceptance procedure in case of dispute
Class 1: metal coated or with a separator around the conductor	See 4.3
Class 2: circular conductors up to and including 16 mm ² and having plain or metal coated wires and with or without separator as appropriate	See 4.3
Class 2: conductors above 16 mm ² , circular or shaped, and having plain or metal-coated wires	See 4.2.3.3
Classes 5 and 6: conductors up to and including 16 mm ² having plain or metal-coated wires and with or without separator as appropriate	See B.2.2.2 or if this method also gives rise to adhesion problems see 4.3. Ageing followed by the bending test is considered the acceptance procedure in case of dispute
Classes 5 and 6: conductors above 16mm ² having plain or metal-coated wires	See 4.2.3.3
NOTE In the case of the bending test (4.3), ageing conditions may be different from those requiring the determination of tensile properties (Clause B.1 and B.2.2); see the relevant cable standard.	

B.2.2 Tubular test pieces preparation with a reduced conductor

B.2.2.1 Solid plain conductor with reduced diameter

After preparation of five tubular test pieces in accordance with IEC 60811-501 a piece of solid plain conductor, having a diameter reduced by up to 10 % shall be reinserted. This shall be achieved by stretching the original conductor or by using a conductor having the required smaller diameter.

These tubular test pieces shall then be aged as described in 4.2.3.2 after which the reduced conductor shall be removed and the cross-sectional area of the tubular test pieces shall be determined according to IEC 60811-501.

B.2.2.2 Class 5 and class 6 conductor with a reduced number of wires

The preparation of five tubular test pieces shall be carried out in accordance with IEC 60811-501. For this purpose, either approximately 30 % of the wires forming the conductor may be removed from the insulation or approximately 70 % of the wires may be reinserted into the tubular test piece.

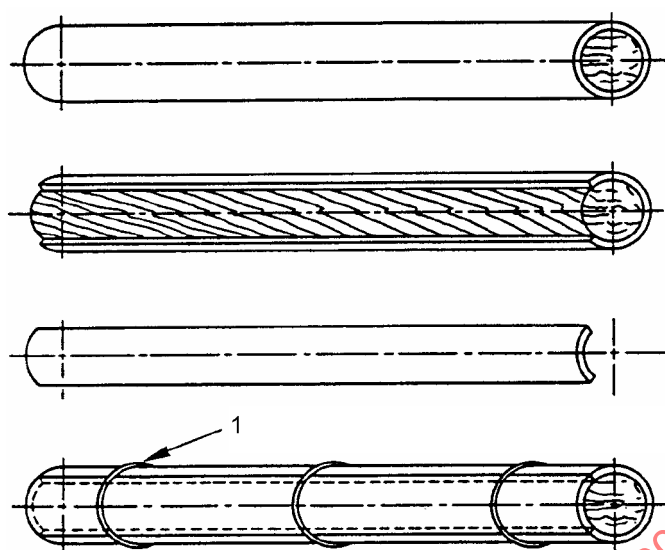
These tubular test pieces shall then be aged as described in 4.2.3.2 after which the reduced conductor shall be removed and the cross-sectional area of the tubular test pieces shall be determined according to IEC 60811-501.

B.2.3 Test pieces preparation for conductors above 16 mm²

B.2.3.1 Sampling and preparation of test pieces for ageing

Three test pieces each about 200 mm long shall be taken from each core to be tested, preferably from positions close to that from which the samples for the tensile tests without ageing are taken (see IEC 60811-501).

In the case of sector-shaped cores, a strip of not less than 10 mm width shall be cut out of the insulation at the sector back along the conductor axis and separated from the conductor. Subsequently, this strip shall be applied again in the same place and fastened with suitable wire in the middle of the test piece and at about 20 mm from each end in such a way that the strip is again well in contact with the conductor; see Figure B.1 below.



IEC 258/12

Key

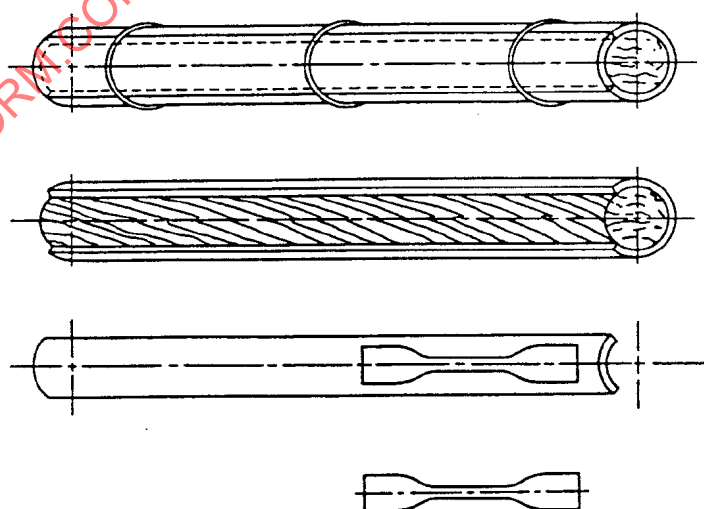
- 1 binding wire (aluminium or zinc-coated steel)

Figure B.1 – Specially prepared test pieces

For cores with circular conductors, a similar procedure shall be applied, where, for smaller sizes (for example, 25 mm²), up to half the insulation can be separated.

B.2.3.2 Dumb-bell tests pieces preparation after ageing

Aged test pieces are dismantled and dumb-bell test pieces, two from each test pieces, shall then be prepared in accordance with IEC 60811-501, the cross-sectional area being determined in accordance with IEC 60811-501, as shown in the Figure B.2 below.



IEC 259/12

Figure B.2 – Dumb-bell test pieces preparation after ageing

Annex C (normative)

Sample and test pieces preparation for ageing of complete cable

C.1 Sampling and preparation of test pieces for ageing

Three test pieces of complete cable about 200 mm long shall be taken, preferably from positions close to that from which the samples for the tensile tests without ageing (see IEC 60811-501) are taken.

C.2 Dumb-bell or tubular tests pieces preparation after ageing

The aged three test pieces of cable shall be dismantled. Two dumb-bell or tubular test pieces shall be prepared from the insulation of each core (up to a maximum of three cores) and from the sheath of each piece of cable, as specified in IEC 60811-501 so that there are six test pieces from each core and from the sheath.

If the test pieces need to be cut or ground to reduce their thickness to not more than 2 mm, this operation shall be effected, so far as possible, on the side which was not facing a material of different type in the complete cable. If ridges need to be cut or ground on the side which was facing the different type of material, the material removed on that side shall be the minimum compatible with adequate smoothing.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60811-401:2012

Bibliography

IEC 60811-1-2:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Methods for general application – Section Two – Thermal ageing methods* (withdrawn)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60811-401:2012

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	21
INTRODUCTION.....	23
1 Domaine d'application	24
2 Références normatives	24
3 Termes et définitions	24
4 Méthode d'essai	24
4.1 Généralités.....	24
4.2 Influence du traitement de vieillissement sur les caractéristiques mécaniques.....	25
4.2.1 Appareillage	25
4.2.2 Echantillons et préparation des éprouvettes	25
4.2.3 Méthode de vieillissement	25
4.2.4 Mesures	27
4.2.5 Expression du résultat	27
4.2.6 Exigences.....	27
4.2.7 Rapport d'essai	27
4.3 Essai d'enroulement sur des éprouvettes de conducteur	27
4.3.1 Appareillage	27
4.3.2 Echantillons et préparation des éprouvettes	27
4.3.3 Mode opératoire	28
4.3.4 Exigence	28
4.3.5 Rapport d'essai	28
Annexe A (normative) Méthodes de mesure du débit d'air dans les étuves	29
Annexe B (normative) Préparation des éprouvettes en présence d'âmes en cuivre nu ou avec revêtement métallique	33
Annexe C (normative) Préparation des échantillons et des éprouvettes pour le vieillissement d'un câble complet	36
Bibliographie.....	37
Figure A.1 – Débitmètre pour le contrôle du débit d'air dans les étuves par la méthode 2	31
Figure A.2 – Diagramme d'étalonnage du tube capillaire du débitmètre pour le contrôle du débit d'air dans les étuves par la méthode 2	32
Figure B.1 – Eprouvettes spécialement préparées	35
Figure B.2 – Préparation des éprouvettes en forme d'haltère après vieillissement	35
Tableau 1 – Nombre de tours pour l'essai d'enroulement.....	28
Tableau B.1 – Résumé des essais de vieillissement des âmes isolées en cas de difficultés rencontrées dans la préparation des éprouvettes, en raison d'une adhérence de l'enveloppe isolante ou du séparateur pendant le vieillissement.....	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CÂBLES ÉLECTRIQUES ET À FIBRES OPTIQUES –
MÉTHODES D'ESSAI POUR LES MATÉRIAUX NON-MÉTALLIQUES –****Partie 401: Essais divers –
Méthodes de vieillissement thermique –
Vieillissement en étuve à air**

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 elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60811-401 a été établie par le comité d'études 20 de la CEI: Câbles électriques.

La présente Partie 401 de la CEI 60811 annule et remplace 8.1 et 8.4 de la CEI 60811-1-2:1985, qui est supprimée. L'ensemble des informations relatives aux remplacements figure dans l'Annexe A de la CEI 60811-100:2012.

Aucune modification technique n'a été effectuée par rapport à l'édition précédente; voir cependant l'avant-propos de la CEI 60811-100:2012.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
20/1285/FDIS	20/1334/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La présente partie de la CEI 60811 doit être utilisée conjointement avec la CEI 60811-100.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60811, publiées sous le titre général *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité 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 60811-401:2012

INTRODUCTION

La série CEI 60811 précise les méthodes à employer pour les essais des matériaux non-métalliques sur tous les types de câbles. Ces méthodes d'essai seront citées en référence dans les normes relatives à la construction des câbles et aux matériaux des câbles.

NOTE 1 Les matériaux non-métalliques sont généralement utilisés pour l'isolation, le gainage, le matelassage, le remplissage ou le rubanage des câbles.

NOTE 2 Ces méthodes d'essai sont reconnues comme fondamentales; elles ont été développées et utilisées durant de nombreuses années, principalement pour les matériaux dans tous les câbles de distribution d'énergie. Elles ont aussi été largement reconnues et utilisées pour d'autres types de câbles, en particulier les câbles à fibres optiques, les câbles de communication et de commande, ainsi que les câbles utilisés à bord des navires et dans les applications offshore.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60811-401:2012

CÂBLES ÉLECTRIQUES ET À FIBRES OPTIQUES – MÉTHODES D'ESSAI POUR LES MATÉRIAUX NON-MÉTALLIQUES –

Partie 401: Essais divers – Méthodes de vieillissement thermique – Vieillissement en étuve à air

1 Domaine d'application

La présente Partie 401 de la CEI 60811 décrit la méthode de vieillissement en étuve à air, généralement applicable aux mélanges réticulés et thermoplastiques utilisés pour les matériaux d'isolation et de gainage.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 60228, *Ames des câbles isolés*

CEI 60811-100:2012, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 100: Généralités*

CEI 60811-409, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 409: Essais divers – Essai de perte de masse des enveloppes isolantes et gaines thermoplastiques*

CEI 60811-501, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 501: Essais mécaniques – Détermination des propriétés mécaniques des mélanges pour les enveloppes isolantes et les gaines*

CEI 60811-504, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 504: Essais mécaniques – Essais d'enroulement à basse température pour les enveloppes isolantes et les gaines*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60811-100 s'appliquent.

4 Méthode d'essai

4.1 Généralités

La présente partie de la CEI 60811 doit être utilisée conjointement avec la CEI 60811-100.

Les essais doivent être effectués à température ambiante, sauf spécification contraire.

Un traitement de vieillissement en étuve à air peut être exigé dans la norme applicable au câble:

- a) sur les éprouvettes préparées, constituées seulement de matériaux d'isolation ou de gainage (voir 4.2.3.2);
- b) sur les éprouvettes préparées de conducteurs (âme et enveloppe isolante) (voir 4.2.3.2 et 4.2.3.3 si nécessaire);
- c) sur les éprouvettes de câble complet (voir 4.2.3.4);
- d) pour l'essai de perte de masse (voir CEI 60811-409).

On peut combiner l'essai de vieillissement a) ou b) et l'essai de perte de masse d) sur les mêmes éprouvettes lorsque les températures et les durées de vieillissement sont identiques.

En général, les caractéristiques mécaniques sont mesurées après traitement, mais dans certains cas, l'âme et le séparateur éventuel ne peuvent pas être enlevés sans endommager l'enveloppe et un essai d'enroulement est réalisé sur l'âme circulaire jusqu'à 16 mm² inclus. On considère que la procédure d'acceptation en cas de contestation consiste en un traitement de vieillissement suivi d'un essai d'enroulement.

4.2 Influence du traitement de vieillissement sur les caractéristiques mécaniques

4.2.1 Appareillage

Le traitement de vieillissement est réalisé dans une étuve avec circulation d'air, naturelle ou sous pression. L'air doit entrer dans l'étuve de façon qu'il passe sur la surface des éprouvettes et qu'il sorte de l'étuve au voisinage de son sommet. L'air contenu dans l'étuve doit être renouvelé complètement au moins 8 fois et au plus 20 fois par heure à la température de vieillissement spécifiée. L'Annexe A donne deux méthodes de mesure du débit d'air circulant dans une étuve.

Sauf spécification contraire dans la norme applicable au type de câble, un ventilateur tournant est autorisé à l'intérieur de l'étuve lors de l'essai des mélanges caoutchouc. Pour tous les autres mélanges, on ne doit pas utiliser de ventilateur à l'intérieur de l'étuve, et en cas de contestation, les mélanges caoutchouc doivent également être essayés dans une étuve conçue pour fonctionner sans ventilateur tournant à l'intérieur.

4.2.2 Echantillons et préparation des éprouvettes

L'échantillon du câble, ou de la gaine enlevée sur le câble, ou des échantillons de conducteur, découpés en tronçons de longueur suffisante, doivent être prélevés de préférence au voisinage immédiat des échantillons prélevés en vue des essais de traction sans vieillissement, conformément à la CEI 60811-501.

Les éprouvettes, en forme d'haltère ou tubulaires, sont préparées conformément à la CEI 60811-501.

Les éprouvettes peuvent se composer d'échantillons de conducteur, découpés en tronçons de longueur suffisante. Si, après le vieillissement, l'âme et le séparateur éventuel peuvent être enlevés sans endommager l'enveloppe isolante, la préparation des éprouvettes doit se faire conformément à l'Annexe B (Article B.2). Pour les âmes circulaires jusqu'à 16 mm² inclus, constituées de fils nus ou avec revêtement métallique et comportant également un séparateur, un essai d'enroulement est effectué sur les éprouvettes vieilles.

4.2.3 Méthode de vieillissement

4.2.3.1 Généralités

Cet essai doit être effectué au moins 16 h après l'extrusion ou la réticulation, s'il y a lieu, des mélanges d'isolation et de gainage. Il peut être réalisé sur des éprouvettes tubulaires ou en

forme d'haltère préparées conformément à la CEI 60811-501 ou sur des conducteurs isolés tels que décrits dans la présente norme.

4.2.3.2 Vieillessement des éprouvettes préparées conformément à la CEI 60811-501 et aux Articles B.1 et B.2.2 et l'Annexe C de la présente norme

Cette procédure doit être utilisée pour

- les éprouvettes constituées de matériau d'isolation sans âme et de matériau de gainage, conformément à la CEI 60811-501,
- les éprouvettes de conducteurs préparées avec âme d'origine (voir l'Article B.1),
- les éprouvettes tubulaires avec âme réduite (voir B.2.2),
- un câble complet (voir l'Annexe C).

Des mélanges de compositions nettement différentes ne doivent pas être essayés en même temps dans la même étuve.

Cinq éprouvettes, conformes à la CEI 60811-501, doivent être suspendues verticalement vers le centre de l'étuve, de façon que les éprouvettes soient placées à 20 mm au moins l'une de l'autre.

Les éprouvettes ne doivent pas occuper plus de 2 % du volume de l'étuve.

Les éprouvettes doivent être maintenues dans l'étuve à la température et pendant la durée spécifiées dans la norme applicable au câble.

Aussitôt après la période de vieillissement, les éprouvettes doivent être retirées de l'étuve et maintenues à la température ambiante, en évitant la lumière solaire directe, pendant au moins 16 h.

4.2.3.3 Vieillessement des éprouvettes préparées avec une âme supérieure à 16 mm²

La procédure suivante doit être utilisée lorsque l'âme et le séparateur éventuel ne peuvent pas être enlevés sans endommager l'enveloppe isolante après le vieillissement.

Les éprouvettes préparées selon B.2.3.1 doivent être placées vers le centre de l'étuve de façon que les éprouvettes soient placées à 20 mm au moins l'une de l'autre. Elles doivent être tenues par les deux extrémités et l'enveloppe isolante ne doit être en contact avec aucun autre objet que l'attache. Les éprouvettes ne doivent pas occuper plus de 2 % du volume de l'étuve et doivent être maintenues à la température et pendant la durée spécifiées dans la norme applicable au câble considéré.

Aussitôt après la période de vieillissement, les éprouvettes doivent être retirées de l'étuve et maintenues à la température ambiante, en évitant la lumière solaire directe, pendant au moins 16 h; les éprouvettes en forme d'haltère sont préparées conformément à B.2.3.2.

4.2.3.4 Vieillessement sur tronçons de câble complet

Les trois éprouvettes du câble, conformes à l'Article C.1, doivent être suspendues verticalement vers le centre de l'étuve, de façon que les éprouvettes soient placées à 20 mm au moins l'une de l'autre; elles ne doivent pas occuper plus de 2 % du volume de l'étuve.

Les éprouvettes du câble doivent être maintenues dans l'étuve à la température et pendant la durée spécifiées dans la norme applicable au câble.

Aussitôt après la période de vieillissement, les éprouvettes du câble doivent être retirées de l'étuve et maintenues à la température ambiante, en évitant la lumière solaire directe, pendant au moins 16 h.

4.2.4 Mesures

On doit ensuite déterminer les propriétés mécaniques, conformément à la CEI 60811-501, sur des éprouvettes vieilles, en forme d'haltère et/ou tubulaires obtenues directement après le vieillissement ou préparées après le vieillissement selon le cas (voir B.2.3 ou l'Article C.2).

4.2.5 Expression du résultat

Calculer la force de traction et l'allongement à la rupture conformément aux définitions données dans la CEI 60811-501.

Si la norme relative au matériau considéré l'exige, dans la norme applicable au type de câble, on doit calculer ces valeurs pour les éprouvettes vieilles, en établissant la variation par rapport aux éprouvettes non traitées, selon la formule suivante:

$$V_T = \frac{T_E - T_U}{T_U} \times 100 \quad (1)$$

$$V_E = \frac{E_E - E_U}{E_U} \times 100 \quad (2)$$

où

- V_T variation de la force de traction en pourcentage;
- T_E force de traction de l'éprouvette vieillie;
- T_U force de traction de l'éprouvette non traitée;
- V_E variation de l'allongement à la rupture en pourcentage;
- E_E allongement à la rupture de l'éprouvette vieillie en pourcentage;
- E_U allongement à la rupture de l'éprouvette non traitée en pourcentage.

NOTE L'échantillon non traité sont conservés à la température ambiante.

4.2.6 Exigences

La valeur et la variation entre la valeur moyenne obtenue pour l'éprouvette vieillie et la valeur moyenne des valeurs obtenues pour les éprouvettes non traitées (voir CEI 60811-501), exprimée en pourcentage de cette dernière, ne doivent pas dépasser le pourcentage spécifié dans la norme relative au matériau considéré dans la norme applicable au câble.

4.2.7 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit être conforme aux spécifications de la CEI 60811-100.

4.3 Essai d'enroulement sur des éprouvettes de conducteur

4.3.1 Appareillage

Le vieillissement est effectué dans une étuve suivant la description du 4.2.1.

L'appareillage de l'essai d'enroulement est décrit dans la CEI 60811-504.

4.3.2 Echantillons et préparation des éprouvettes

Deux échantillons de longueur appropriée doivent être prélevés sur chaque conducteur à essayer, de préférence au voisinage immédiat de ceux prélevés en vue des essais de traction sans vieillissement (voir la CEI 60811-504).

4.3.3 Mode opératoire

Les éprouvettes sont soumises au vieillissement suivant la méthode décrite en 4.2.3.3.

Aussitôt après la période de vieillissement, les éprouvettes du câble doivent être retirées de l'étuve et laissées à la température ambiante, en évitant la lumière solaire directe, pendant au moins 16 h.

Chaque éprouvette doit ensuite être enroulée, à la température ambiante, autour d'un mandrin afin de former une hélice à spires jointives.

L'enroulement doit être effectué à une vitesse uniforme d'un tour en 5 s environ.

Les essais d'enroulement peuvent s'effectuer avec l'appareillage décrit dans la CEI 60811-504.

Le diamètre du mandrin doit être f fois celui du conducteur: les valeurs de f sont données dans le tableau suivant, où le nombre de tours est également spécifié.

Tableau 1 – Nombre de tours pour l'essai d'enroulement

Section de l'âme mm ²	Coefficient f	Nombre de tours
Jusqu'à et y compris 2,5	1 $\pm$ 0,1	7
4 et 6	2 $\pm$ 0,1	6
10 et 16	4 $\pm$ 0,1	5

4.3.4 Exigence

A la fin de la procédure d'enroulement, les éprouvettes doivent être examinées sur le mandrin. L'enveloppe isolante des deux éprouvettes ne doit présenter aucune fissure visible à l'œil nu ou corrigé, sans grossissement. Toute fissure apparaissant sur la première ou la dernière spire enroulée sur le mandrin ne doit pas être prise en considération.

4.3.5 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit être conforme aux spécifications de la CEI 60811-100.

Annexe A (normative)

Méthodes de mesure du débit d'air dans les étuves

A.1 Méthode 1 – Méthode indirecte ou méthode de la consommation de puissance

A.1.1 Dans cette méthode, le surplus de puissance nécessaire pour maintenir l'étuve à une température donnée avec ses ouvertures de ventilation ouvertes, par rapport à la puissance nécessaire pour maintenir l'étuve à la même température avec ses ouvertures fermées, est utilisé comme mesure de la quantité d'air traversant l'étuve lorsque les ouvertures sont ouvertes. La puissance moyenne ($P1$ watts) nécessaire pour maintenir la température de l'étuve à la température de vieillissement spécifiée lorsque les ouvertures de ventilation sont ouvertes est déterminée pendant une période de 30 min ou plus. Les ouvertures de ventilation (et, si nécessaire, l'ouverture pour le thermomètre) sont alors fermées et la puissance moyenne ($P2$ watts) nécessaire pour maintenir la même température pendant la même durée est déterminée. Il convient que la différence entre la température de l'étuve et la température ambiante soit, à 0,2 °C près, la même pour les deux essais. Il est recommandé de mesurer la température ambiante en un point situé à peu près à 2 m de l'étuve, approximativement au niveau de sa base, et à une distance d'au moins 0,6 m de tout objet solide.

A.1.2 La quantité d'air traversant l'étuve, lorsque ses ouvertures de ventilation sont ouvertes, est donnée par les formules:

$$m = \frac{P1 - P2}{C_p(t_2 - t_1)} \quad (\text{A.1})$$

$$V = \frac{3\,600\,m}{d} \quad (\text{A.2})$$

où

C_p est la chaleur spécifique de l'air à pression constante ($\text{J} \times \text{g}^{-1} \times \text{K}^{-1}$);

t_1 est la température ambiante, en degrés Celsius;

t_2 est la température de l'étuve, en degrés Celsius;

$P1 - P2$ est la différence de consommation de puissance, comme défini en A.1.1;

m est la masse d'air, en grammes par seconde;

V est le volume de l'air, en litres par heure;

d est la masse volumique de l'air dans le laboratoire au moment de l'essai, en grammes par litre.

NOTE La masse volumique de l'air à 101,3 kPa (760 mm Hg) et à 20 °C est de 1,205 g/l.

$$\text{Donc: } V = \frac{3\,600 (P1 - P2)}{1,003\,d (t_2 - t_1)} \text{ ou } V = \frac{3\,590 (P1 - P2)}{d (t_2 - t_1)}$$

Cette formule suppose que, lorsque toutes les ouvertures sont obturées, l'air ne traverse pas l'étuve. Pour cette raison, il ne doit exister aucune fuite; il convient que le joint d'étanchéité de la porte soit scellé au moyen d'un ruban adhésif et que tous les orifices, y compris la fenêtre d'entrée, soient obturés de façon efficace.

A.1.3 Si l'on utilise un wattmètre pour mesurer la puissance consommée, le temps total, en secondes, pendant lequel les éléments chauffants de l'étuve sont en circuit, doit être mesuré avec un chronomètre, et la lecture du wattmètre doit être faite une fois pendant chaque période de mise en circuit.

La moyenne des lectures, en watts, multipliée par le temps total enregistré par le chronomètre et divisée par la durée de l'essai, en secondes, est prise comme la puissance, en watts, nécessaire pour maintenir une température constante.

A.1.4 Si l'on utilise un wattheuremètre ou un kilowattheuremètre, la lecture de la consommation totale enregistrée par l'appareil doit être divisée par la durée de l'essai, mesurée comme fraction d'une heure. Si l'on utilise un kilowattheuremètre à usage domestique, les unités de cadran sont trop grandes pour permettre d'obtenir une précision suffisante pour une période d'essai raisonnablement courte et on doit alors se servir du disque de rotation de ces appareils pour indiquer la consommation d'énergie. L'appareil doit fonctionner jusqu'à ce que la marque du disque se trouve en face du centre de la vitre; ensuite, il doit être déconnecté jusqu'au commencement de l'essai.

Afin de réduire la marge d'erreur possible, on doit prendre une période d'essai suffisamment longue pour permettre environ 100 tours du disque, et on doit, de préférence, arrêter l'essai lorsque la marque du disque est visible. Si la marque n'est cependant pas visible à la fin de l'essai, on doit ajouter une fraction de tour estimée. L'essai doit être commencé et terminé aux points correspondants des positions "fermée et ouverte" du cycle de chauffage (c'est-à-dire au moment où les éléments chauffants sont enclenchés par le thermostat).

A.2 Méthode 2 – Méthode directe et continue

A.2.1 Description du matériel

En partant de la source d'air comprimé, c'est-à-dire d'une canalisation ou de bouteilles d'air.

A.2.1.1 Détendeur de pression

Dispositif destiné à ramener une pression d'alimentation élevée aux faibles valeurs nécessaires à l'alimentation de l'étuve. Il est pourvu d'une soupape réglable qui permet d'obtenir une pression constante en aval.

A.2.1.2 Débitmètre

Appareil permettant de mesurer le débit d'air. Il est représenté à la Figure A.1, et fonctionne sur un principe manométrique, avec:

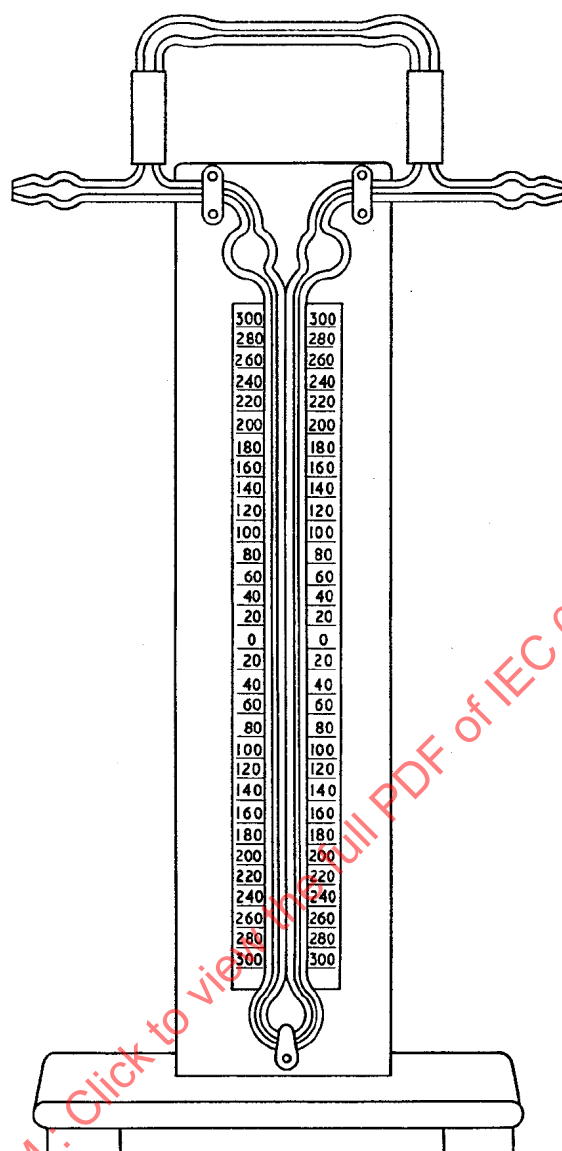
- a) Un tube capillaire étalonné, ayant un diamètre intérieur étalonné d'environ 2 mm et une longueur étalonnée d'environ 70 mm. La Figure A.2 donne un diagramme d'étalonnage type lequel permet le contrôle du débit d'air jusqu'à 500 l/h ou 600 l/h.
- b) Un tube manométrique avec une double échelle de différence de pression comprise entre 0 mm et ± 300 mm d'eau. Le liquide manométrique est de l'eau distillée.

A.2.1.3 Etuve à air

Etuve à air à employer après en avoir bien assuré l'étanchéité, en particulier celle du tube d'alimentation, qu'il convient de faire pénétrer dans l'étuve par le fond. Il convient que l'ouverture de sortie soit située au sommet de l'étuve et qu'elle soit le seul orifice ouvert.

NOTE Les deux points suivants facilitent la fiabilité de la méthode et du matériel:

- le débitmètre décrit ci-dessus peut être considéré comme parfaitement fiable, facile à construire et à étalonner, et approprié à la gamme des débits d'air en jeu;
- comme le montrent les essais, l'adoption de la ventilation légèrement "forcée" ne modifie pas, dans la pratique, l'uniformité de la température aux différents points des étuves.



IEC 256/12

Figure A.1 – Débitmètre pour le contrôle du débit d'air dans les étuves par la méthode 2