

TECHNICAL SPECIFICATION

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Fire hazard testing –

Part 6-31: Smoke obscuration – Small-scale static test – Materials

Essais relatifs aux risques du feu –

Partie 6-31: Opacité des fumées – Méthode statique à petite échelle – Matériaux





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 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 Varembé
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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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.



TECHNICAL SPECIFICATION

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Fire hazard testing –

Part 6-31: Smoke obscuration – Small-scale static test – Materials

Essais relatifs aux risques du feu –

Partie 6-31: Opacité des fumées – Méthode statique à petite échelle – Matériaux

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

R

ICS 13.220.99; 29.020

ISBN 978-2-83220-671-3

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	7
4 Relevance of test data and special observations	9
5 Test specimens	10
5.1 General.....	10
5.2 Number of test specimens	10
5.3 Size of test specimens.....	10
5.4 Conditioning of test specimens	10
6 Test procedure	10
6.1 Preparation and calibration of the test chamber.....	10
6.2 Preparation of test specimens.....	10
6.3 Test conditions	10
6.4 Determination of smoke opacity – running a test	11
6.5 Abnormal behaviour during a test.....	12
7 Expression of results	12
7.1 General.....	12
7.2 Specific optical density	12
8 Repeatability and reproducibility.....	13
9 Test report.....	14
Annex A (informative) Evaluation of the repeatability and the reproducibility from inter-laboratory tests	15
Annex B (informative) Example of test report – Determination of smoke opacity without air-change.....	18
Bibliography	20
Table A.1 – Measurement of D_m	15
Table A.2 – Measurement of $VOF4$	16
Table A.3 – Coefficients of variation and relative precision of maximum specific optical density (D_m) in tests with application of pilot flames	16
Table A.4 – Coefficients of variation and relative precision of maximum specific optical density (D_m) in tests without application of pilot flames.....	17

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIRE HAZARD TESTING –

**Part 6-31: Smoke obscuration –
Small-scale static test – Materials**

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.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- the subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

Technical specifications are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards.

IEC 60695-6-31, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 89: Fire hazard testing.

The text of this technical specification is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
89/1055/DTS	89/1093/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical specification 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 second edition of IEC/TS 60695-6-31 cancels and replaces the first edition published in 1999. It constitutes a technical revision.

It has the status of a basic safety publication in accordance with IEC Guide 104 and ISO/IEC Guide 51.

This technical specification is to be used in conjunction with IEC/TS 60695-6-30.

The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- The Foreword has been revised and updated.
- The Introduction has been updated.
- The Scope has been updated.
- The Normative references have been updated.
- Minor technical changes have been made throughout the document.
- Detailed editorial updates have been added throughout the document.

A list of all parts of the IEC 60695 series, under the general title *Fire hazard testing*, can be found on the IEC website.

Part 6 consists of the following parts:

- Part 6-1: Smoke obscuration – General guidance
- Part 6-2: Smoke obscuration – Summary and relevance of test methods
- Part 6-30: Smoke obscuration – Small scale static method – Apparatus
- Part 6-31: Smoke obscuration – Small-scale static test – Materials

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

- transformed into an International Standard,
- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

The risk of fire needs to be considered in any electrical circuit, and the objective of component, circuit and equipment design, and the choice of materials, is to reduce the likelihood of fire, even in the event of foreseeable abnormal use, malfunction or failure.

Electrotechnical products, primarily as victims of fire, may nevertheless contribute to the fire. One of the contributing hazards is the release of smoke, which may cause a reduction of visibility and/or orientation which could impede escape from the building, or could impede fire fighting.

Consequently, a reduction in the amount and the rate of generation of smoke produced by materials/products during a fire reduces damage to equipment, facilitates evacuation of people and facilitates the intervention of emergency services.

FIRE HAZARD TESTING –

Part 6-31: Smoke obscuration – Small-scale static test – Materials

1 Scope

This part of IEC 60695 describes the test methods for the determination of the specific optical density of smoke produced by materials used in electrotechnical products using the apparatus described in technical specification IEC/TS 60695-6-30. Test specimens are exposed vertically to a radiant heat source with or without the application of a pilot flame in a closed chamber (i.e. without air-change).

The test methods are only applicable to flat, solid, non-metallic test specimens of materials used in electrotechnical products.

This technical specification does not provide a classification system for the behaviour of materials.

The test methods are not applicable to materials which melt and flow away from the direct impingement of heat flux.

The test methods are not recommended for further development for electrotechnical products, nor are they recommended as the basis for regulation or other controls on smoke release due to the limitations of the physical fire model and the test specimen geometry – see Clause 4.

WARNING: Appropriate safety measures are to be taken as toxic and harmful fire effluents may be produced by pyrolysis or combustion of test specimens.

This basic safety publication is intended for use by technical committees in the preparation of standards in accordance with the principles laid down in IEC Guide 104 and ISO/IEC Guide 51.

One of the responsibilities of a technical committee is, wherever applicable, to make use of basic safety publications in the preparation of its publications. The requirements, test methods or test conditions of this basic safety publication will not apply unless specifically referred to or included in the relevant publications.

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 60695-6-1, *Fire hazard testing – Part 6-1: Smoke obscuration – General guidance*

IEC/TS 60695-6-30:2012, *Fire hazard testing – Part 6: Guidance and test methods on the assessment of obscuration hazards of vision caused by smoke opacity from electrotechnical products involved in fires – Section 30: Small scale static method. Determination of smoke opacity. Description of the apparatus*

IEC Guide 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

ISO 5659-2:2012, *Plastics – Smoke generation – Part 2: Determination of optical density by a single-chamber test*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply:

3.1

fire effluent

totality of gases and aerosols, including suspended particles, created by combustion or pyrolysis in a fire

[SOURCE: ISO/IEC 13943, definition 4.105]

3.2

fire hazard assessment

evaluation of the possible causes of fire, the possibility and nature of subsequent fire growth, and the possible consequences of fire

3.3

fire-safety engineering

application of engineering methods based on scientific principles to the development or assessment of designs in the built environment through the analysis of specific fire scenarios or through the quantification of risk for a group of fire scenarios

[SOURCE: ISO/IEC 13943:2008, definition 4.126]

3.4

fire scenario

qualitative description of the course of a fire with respect to time, identifying key events that characterise the studied fire and differentiate it from other possible fires

Note 1 to entry: It typically defines the ignition and fire growth processes, the fully developed fire stage, the fire decay stage, and the environment and systems that impact on the course of the fire.

[SOURCE: ISO/IEC 13943:2008, definition 4.129]

3.5

heat flux

amount of thermal energy emitted, transmitted or received per unit area and per unit time

Note 1 to entry: The typical units are watts per square metre ($\text{W} \times \text{m}^{-2}$).

[SOURCE: ISO/IEC 13943:2008, definition 4.173]

3.6

obscuration of smoke

reduction in the intensity of light due to its passage through smoke

Note 1 to entry: In practice, obscuration of smoke is usually measured as the transmittance, which is normally expressed as a percentage.

Note 2 to entry: Obscuration of smoke causes a reduction in visibility.

[SOURCE: ISO/IEC 13943:2008, definition 4.242]

3.7

opacity of smoke

ratio of incident light intensity to transmitted light intensity through smoke, under specified conditions

Note 1 to entry: Opacity of smoke is the reciprocal of transmittance.

Note 2 to entry: The opacity of smoke is dimensionless.

[SOURCE: ISO/IEC 13943:2008, definition 4.243]

3.8

optical density of smoke

measure of the attenuation of a light beam passing through smoke expressed as the logarithm to the base 10 of the opacity of smoke

cf. **specific optical density**, D_s (3.13)

Note 1 to entry: The optical density of smoke is dimensionless.

[SOURCE: ISO/IEC 13943:2008, definition 4.244]

3.9

physical fire model

laboratory process, including the apparatus, the environment and the fire test procedure intended to represent a certain phase of a fire

[SOURCE: ISO/IEC 13943:2008, definition 4.251]

3.10

real-scale fire test

fire test that simulates a given application, taking into account the real scale, the real way the item is installed and used, and the environment

Note 1 to entry: Such a fire test normally assumes that the products are used in accordance with the conditions laid down by the specifier and/or in accordance with normal practice.

[SOURCE: ISO/IEC 13943:2008, definition 4.273]

3.11

small-scale fire test

fire test performed on a test specimen of small dimensions

Note 1 to entry: A fire test performed on a test specimen of which the maximum dimension is less than 1 m is usually called a small-scale fire test.

[SOURCE: ISO/IEC 13943:2008, definition 4.292]

3.12

smoke

visible part of **fire effluent**

[SOURCE: ISO/IEC 13943:2008, definition 4.293]

3.13

specific optical density, D_s

optical density of smoke multiplied by a geometric factor, plus a filter factor

Note 1 to entry: The geometric factor is $V/(A \times L)$, where V is the volume of the test chamber, A is the area of the exposed surface of the test specimen, and L is the light path length.

Note 2 to entry: The use of the term “specific” does not denote “per unit mass” but rather denotes a quantity associated with a particular test apparatus and area of the exposed surface of the test specimen.

Note 3 to entry: The filter factor is a number which is calculated from the optical density of a moveable neutral density filter (see 7.2).

Note 4 to entry: The specific optical density of smoke is dimensionless.

3.14

transmittance

⟨smoke⟩ ratio of transmitted light intensity through smoke to incident light intensity, under specified conditions

cf. obscuration of smoke (3.6)

Note 1 to entry: Transmittance through smoke is the reciprocal of opacity of smoke.

Note 2 to entry: It is dimensionless and is usually expressed as a percentage.

[SOURCE: ISO/IEC 13943:2008 definition 4.346]

4 Relevance of test data and special observations

This small-scale fire test apparatus has been in worldwide use since about 1970, primarily for material evaluation purposes. In the early 1990s, ISO/TC61 developed a similar apparatus that was designed, in part, to overcome a number of limitations of the IEC apparatus, and in 1994 the first edition of ISO 5659-2 was published. It is now recognised that ISO 5659-2 overcomes the following significant limitations:

- a) The heat flux is relatively low; consequently the method is only able to replicate conditions found in ISO 19706 fire stage 1b and, possibly, fire stage 2.
- b) The test specimen is vertically mounted, which excludes liquids and some thermoplastics. Test specimens which swell towards the furnace also give problems, as the incident heat flux experienced by the front of the test specimen increases significantly, and the pilot flames can be extinguished, rendering the test invalid.
- c) The limitations of the low heat flux and test specimen geometry mean that it is difficult to establish a link between data from the apparatus and real fire scenarios.
- d) There are no means of monitoring the test specimen mass during the test

Further limitations include the following:

- e) There is little or no correlation between data from this apparatus, and the behaviour of products in fires or real-scale fire tests.
- f) The air supply is limited and the test specimen ceases to burn if the oxygen concentration falls below approximately 14 %.
- g) The deposition of smoke on the walls is significant.

The test methods do however offer the useful option to evaluate smoke production from both flaming and non-flaming combustion, albeit at a low heat flux.

The data generated are not suitable for use as input to fire hazard assessment or for fire safety engineering.

Overall, these test methods are not recommended for further development for electrotechnical products. Neither are they recommended as the basis for regulation or other controls on smoke release for electrotechnical products, due to the limitations of the physical fire model and the test specimen geometry.

5 Test specimens

5.1 General

These test methods are sensitive to small variations in geometry, surface orientation, thickness, mass, composition and method of preparation; results obtained by these test methods are therefore dependent on the above parameters.

5.2 Number of test specimens

For each test on a given material, at least three test specimens shall be tested under the same conditions.

Under certain circumstances, it may be necessary to test three additional test specimens (see 6.5).

5.3 Size of test specimens

This method is applicable only to essentially flat solid materials.

The test specimens shall be square with sides $76^{+0,2}_{-0,6}$ mm. The thickness shall be a maximum of 25,4 mm and, when practicable, shall be that of the end-use application of the material.

For comparative testing, materials shall be tested at the same thickness as there is no known correlation between the specific optical density and thickness.

5.4 Conditioning of test specimens

Before the test, the test specimens shall be conditioned for at least 24 h at $23\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ and at a relative humidity of $50\% \pm 10\%$. The test specimen shall be tested within 30 min of being conditioned.

6 Test procedure

6.1 Preparation and calibration of the test chamber

Preparation and calibration of the test chamber shall be carried out as described in Clause 7 of IEC/TS 60695-6-30:2012.

6.2 Preparation of test specimens

Each test specimen shall be wrapped in a single layer of aluminium foil (about 0,04 mm thick), with the bright face outside, taking care to avoid unnecessary wrinkles or perforations.

It is then mounted in the test specimen holder ensuring that it is retained close against the front window by a backing board, rod and a spring arrangement behind the test specimen.

Excess aluminium foil along the side and top edges should be trimmed off after mounting. The excess foil on the bottom edge shall be folded in such a way as to minimize losses of any melted material at the bottom of the holder.

6.3 Test conditions

The test specimen is exposed to the radiant heat flux emitted by the furnace. The average heat flux at the surface of the test specimen shall be $25\text{ kW/m}^2 \pm 0,5\text{ kW/m}^2$.

In the test with the pilot flame, in addition to the radiant heat flux, the test specimen is exposed to a multi-flame burner fed with a mixture of air and propane (air: 0,5 l/min; propane: 0,05 l/min).

The test chamber shall be located in a room or enclosed space having an ambient temperature of $23\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ and relative humidity of approximately 50 % at the time of test. Precautions shall be taken to provide a means for removing potentially hazardous gases from the area of operation.

Caution shall be exercised during use of the apparatus to prevent explosion of pyrolyzates, particularly under conditions without application of pilot flames, and exposure of the operator to smoke, particularly during removal of the sample from the chamber or during clean-up.

The chamber walls shall be cleaned whenever periodic visual inspection indicates the need. Before each test, the exposed surfaces of the glass windows separating the photo detector and light source housing from the interior of the chamber shall be cleaned (ethyl alcohol is generally effective). Charred residues on the test specimen holder should be removed between tests to avoid contamination.

During the warm-up period all electric systems (furnace, light source, photometer, etc.) should be on, the exhaust vent and chamber door closed, and the inlet vent open. When the temperature on the centre surface of the back wall reaches a steady-state value in the range of $33\text{ °C} \pm 4\text{ °C}$, the chamber is ready for furnace calibrating or testing.

The blank test specimen holder should always be directly in front of the furnace, except when displaced to the side by the test specimen holder during a test, or by the radiometer during calibration. It should be returned immediately to this position when testing or calibration is completed to prevent excessive heating of the adjacent wall surface.

The calibration is performed according to the procedure described in Clause 7 of IEC/TS 60695-6-30:2012.

For exposures without application of pilot flames, remove the multi-flame burner; for exposures with application of pilot flames, position the burner across the lower edge of the test specimen as described in 6.4 of IEC/TS 60695-6-30:2012.

Before positioning the test specimen, flush the chamber with the door and exhaust and inlet vents open for about 2 min, and verify the starting temperature of the chamber.

6.4 Determination of smoke opacity – running a test

Stop the exhaust extractor, close the exhaust vent and place the specimen holder containing the test specimen on the retaining rods, adjacent to the blank test specimen holder.

Slide the test specimen holder along the retaining rods, displacing the blank test specimen holder, such that the test specimen is positioned centrally in front of the furnace.

Close the door, and start the data recorder and stopwatch. When the data recorder shows a reduction in transmittance from 100 %, close the inlet vent.

Throughout the test monitor, and, where appropriate, adjust the following:

- The furnace voltage, to maintain it at the level established during calibration (see 6.3).
- The reading on the potentiometer scale, and adjust the range setting so that readings are always between 10 % and 100 %. If the transmittance falls below 0,01 %, the neutral density filter shall be removed and the range setting adjusted to 10 times greater. To avoid spurious results from ambient light, the chamber door shall be blacked out at range settings below 0,01 %.

- The internal pressure in the chamber, as indicated by the manometer. If the pressure exceeds 150 mm of water (which may occur during or after rapid burning) briefly open the exhaust vent, and, if the pressure falls below 0 mm of water, briefly open the inlet vent.
- The flow-rates of air and propane to the pilot burner (if used).
- The behaviour of the test specimen.

The end of the test is reached either 3 min after minimum transmittance has occurred, or after 20 min, whichever is sooner.

NOTE Tests may be continued for longer than 20 min if required, but if so, this shall be reported on the test report.

At the end of test, slide the sample holder away from the front of the furnace, extinguish the pilot flames (if used), replace the blank holder in position, turn on the exhaust fan and open the exhaust and inlet vents.

Continue evacuating the smoke until a maximum value of transmittance (T_c) is recorded.

6.5 Abnormal behaviour during a test

Some test specimens can exhibit abnormal behaviour during testing, which may result in the test results being invalid.

The following types of behaviour are regarded as abnormal:

- collapse of the test specimen from the sample holder, or other movement of the test specimen out of the calibrated radiation zone;
- self-ignition of the test specimen during a test without application of pilot flames;
- flow of melted material from the sample holder;
- extinction of any of the pilot flames (even for a short time) during a test with application of pilot flames.

If one or more of the test specimens exhibit abnormal behaviour during the test, an additional series of three new test specimens shall be tested, and results calculated based on all tests completed without abnormal behaviour, providing that there were at least three such tests.

If more than three out of the six test specimens exhibited abnormal behaviour, then the results obtained are not valid, and it shall be reported that this test method is not suitable for this test specimen.

Any abnormal behaviour shall be reported – see Clause 9.

7 Expression of results

7.1 General

General guidance on smoke obscuration is given in IEC 60695-6-1. It contains information concerning the optical measurement of smoke, and the meaning and use of smoke parameters.

7.2 Specific optical density

For the purpose of this technical specification, D_s represents the specific optical density (a dimensionless number), calculated as follows:

$$D_s = G [\log_{10} (100/T) + F]$$

where

G is a constant derived from the geometry of the test equipment as follows:

$$G = V / (AL)$$

with

V = volume of the chamber (0,51 m³)

A = exposed area of the test specimen (0,004225 m²)

L = length of the light path through the smoke (0,914 m)

for this apparatus $G = 132$;

T is the light transmittance (%);

F is a factor based on the actual optical density of the moveable neutral density filter, as follows:

- if the neutral density filter is in the light path at the time T is measured, $F = 0$;
- if the filter is moved out of the light path at the time T is measured, F is as calculated in C.1.3.3 of IEC/TS 60695-6-30:2012;
- if the optical system is not equipped with a moveable filter, $F = 0$.

A table of values of D_s as a function of T is given in Annex A of IEC/TS 60695-6-30:2012.

NOTE The use of the word "specific" in specific optical density does not mean optical density per mass (or mass loss), but means optical density specific to the geometry of this apparatus.

Based on the above calculation of D_s , the following parameters can be determined:

D_m : the maximum value of specific optical density;

t_m : the time, in minutes, to reach D_m ;

t_{16} : the time to reach $D_s = 16$ ($T = 75$ %);

D_c : the specific optical density corresponding to the maximum value of T recorded (T_c) after smoke has been exhausted from the chamber – a measure of the deposits on the windows of the optical system;

$D_{m(corr)}$: the maximum optical density, corrected for deposition of smoke on the windows of the optical system, calculates as follows:

$$D_{m(corr)} = D_m - D_c$$

VOF4 is a smoke index obtained from specific optical density measurements at 1 min, 2 min, 3 min and 4 min. It is calculated as follows:

$$VOF4 = D_1 + D_2 + D_3 + (D_4 / 2)$$

where

D_1 , D_2 , D_3 and D_4 are the specific optical densities, after 1 min, 2 min, 3 min and 4 min, respectively.

NOTE VOF4 is a smoke index required by some national specifications.

For each series of tests, the results reported are expressed as the arithmetic mean of all valid tests. For each parameter calculated, if the maximum value is more than 1,5 times greater than the minimum value, the tests should be carried out with a further three test specimens, and the means calculated based on all tests.

8 Repeatability and reproducibility

Repeatability and reproducibility data have been generated during the development of French Standard NF C 20-902/1, and the British standard BS 6401.

A summary of the results is given in Annex A.

9 Test report

For each series of tests, the test report shall include:

- a thorough description of the test specimen, including material type or reference, relevant processing parameters, methods of preparation, thickness and mass of the test specimens;
- the number of valid tests completed;
- test conditions, including calibration values, test duration, exposure mode (with or without pilot flames);
- the average values of D_m , t_m , D_c , $D_m(\text{corr})$, and the maximum variations between the minimum and maximum values;
- the correction factor of the neutral density filter (if removed);
- observations on the behaviour of the test specimen under test, and the validity of the test;
- observations of any abnormal behaviour.

Optionally, the following may also be recorded:

- the D_s time curve;
- D_s at 1 min, 2 min, 3 min and 4 min;
- mass loss;
- VOF_4 .

One format of a test report is given in Annex B.

Annex A (informative)

Evaluation of the repeatability and the reproducibility from inter-laboratory tests

A.1 Inter-laboratory tests from the French standard NF C 20-902/1

Four materials used for electrotechnical products, including three used in electric cables, were evaluated using 14 NBS smoke chambers, in accordance with the procedure described in the French standard NF C 20-902/1.

The results of these tests related to the determination of D_m and $VOF4$ are summarized in Tables A.1 and A.2.

Table A.1 – Measurement of D_m

Mode of test	Parameter	Materials studied			
		Silicone	Chloro-sulphonated polyethylene	Ethylene vinyl acetate	Polyamide 6,6
Without pilot flames	m	278	234	314	70
	r	43	113	42	11
	S_r	15	40	17	4
	R	67	287	81	41
	S_R	24	102	29	15
With pilot flames	m	211	624	259	84
	r	158	98	115	44
	S_r	56	85	41	16
	R	206	131	204	60
	S_R	74	68	73	21
m = average specific optical density (D_m) r = repeatability S_r = standard deviation of repeatability R = reproducibility S_R = standard deviation of reproducibility					

Table A.2 – Measurement of VOF4

Mode of test	Parameter	Materials studied			
		Silicone	Chloro-sulphonated polyethylene	Ethylene vinyl acetate	Polyamide 6,6
Without pilot flames	m	99	12	255	20
	r	33	12	84	7
	S_r	12	4	30	2
	R	69	20	164	20
	S_R	25	7	59	7
With pilot flames	m	163	636	185	32
	r	116	209	167	33
	S_r	41	75	60	12
	R	234	577	109	62
	S_R	84	206	71	22
m = average VOF4 r = repeatability S_r = standard deviation of repeatability R = reproducibility S_R = standard deviation of reproducibility					

A.2 Inter-laboratory tests from the British standard BS 6401

Eleven materials used for building applications were evaluated using seven NBS smoke chambers, according to the procedure described in BS 6401.

The results of these tests, related to the determination of D_m with and without the application of pilot flames, are summarized in Tables A.3 and A.4.

Table A.3 – Coefficients of variation and relative precision of maximum specific optical density (D_m) in tests with application of pilot flames

Material	Coefficient of variation %		Relative precision %	
	Within a laboratory	Between laboratories	Repeatability	Reproducibility
Carpet	29,8	0,0	41,4	41,4
Chipboard	15,2	8,7	21,1	32,0
Fibreboard	26,0	32,1	36,0	95,9
Glass reinforced polyester (GRP)	14,0	8,6	19,4	30,7
Hardboard	33,4	17,5	46,2	67,0
Plasterboard	12,8	22,3	17,7	64,2
Polyisocyanurate foam	10,6	10,1	14,7	31,5
Polystyrene foam	47,5	33,3	65,9	113,4
Polyurethane foam	8,1	0,2	11,2	11,3
Rigid polyvinyl chloride (PVC)	14,1	0,0	19,6	19,6
Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) plastic	5,6	3,6	7,8	12,7

Table A.4 – Coefficients of variation and relative precision of maximum specific optical density (D_m) in tests without application of pilot flames

Material	Coefficient of variation %		Relative precision %	
	Within a laboratory	Between laboratories	Repeatability	Reproducibility
Carpet	17,1	4,9	23,6	27,3
Chipboard	17,9	12,8	24,8	43,4
Fibreboard	24,3	11,7	33,6	46,8
Glass reinforced polyester (GRP)	12,8	9,3	17,4	31,0
Hardboard	9,4	5,9	13,0	20,8
Plasterboard	6,4	5,6	8,8	17,8
Polyisocyanurate foam	15,1	0,0	20,9	20,9
Polystyrene foam	31,3	29,0	43,4	91,4
Polyurethane foam	8,9	17,2	12,4	49,3
Rigid polyvinyl chloride (PVC)	7,7	10,7	10,7	31,6
Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) plastic	4,6	0,0	6,4	6,4

Annex B (informative)

Example of test report – Determination of smoke opacity without air-change

- Reference of the material tested
- Manufacturer of the apparatus

- Test No.
- Date
- Laboratory

B.1 Results

B.2 Readings and measurements before the test (optional)

B.2.1 Environment

- Room temperature °C
- Relative humidity %

B.2.2 Test equipment

- Surface condition of chamber
- Leakage rate of the chamber:
 - to* mm H₂O
 - t₅ min* mm H₂O
- Distance between furnace and test specimen mm
- Voltage of furnace V
- Check of non-distortion of heater
- Radiometer reading mV
- Heat flux kW/m²
- Chamber pressure (maximum during test) mm H₂O
- Chamber temperature °C

B.2.3 Thermal exposure with pilot flames

- Pilot flames
 - mm from lower edge of
test specimen holder
 - mm from test specimen
surface
- Dimension of pilot flames mm
- Propane flow rate cm³/min
- Air flow rate cm³/min

B.2.4 Test specimen

Conditioning:

- temperature °C
- duration h

Test conditions:

- temperature °C
- relative humidity %
- duration h

B.3 Readings and measurements after the test (optional)

- Room temperature °C
- Temperature at rear side of test specimen
(between the aluminium and the holding plate) °C

Bibliography

ISO 13943:2008, *Fire safety – Vocabulary*

ISO 5725 (all parts), *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results*

BS 6401:1983, *Method for measurements, in the laboratory, of the specific optical density of smoke generated by materials*

NF C 20-902/1:1990, *Fire hazard testing – Test methods – Determination of smoke opacity without air change – Part 1: Methodology and test devices*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	23
INTRODUCTION.....	25
1 Domaine d'application.....	26
2 Références normatives	26
3 Termes et définitions	27
4 Pertinence des données d'essai et observations particulières	29
5 Éprouvettes	30
5.1 Généralités.....	30
5.2 Nombre d'éprouvettes.....	30
5.3 Dimensions des éprouvettes	30
5.4 Conditionnement des éprouvettes	30
6 Modalités d'essai	30
6.1 Préparation et calibrage de la chambre d'essai	30
6.2 Préparation des éprouvettes	30
6.3 Conditions d'essai	31
6.4 Détermination de l'opacité des fumées – Exécution d'un essai	31
6.5 Comportement anormal en cours d'essai	32
7 Expression des résultats	33
7.1 Généralités.....	33
7.2 Densité optique spécifique	33
8 Répétabilité et reproductibilité	34
9 Rapport d'essai.....	34
Annexe A (informative) Évaluation de la répétabilité et de la reproductibilité à partir d'essais interlaboratoires.....	35
Annexe B (informative) Exemple de rapport d'essai – Détermination de l'opacité des fumées en atmosphère non renouvelée	38
Bibliographie	40
Tableau A.1 – Mesure de D_m	35
Tableau A.2 – Mesure de VOF_4	36
Tableau A.3 – Coefficients de variation et précision relative de la densité optique spécifique maximale (D_m) pour l'essai avec application de flammes pilotes	36
Tableau A.4 – Coefficients de variation et précision relative de la densité optique spécifique maximale (D_m) pour l'essai sans application de flammes pilotes	37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

**Partie 6-31: Opacité des fumées –
Méthode statique à petite échelle – Matériaux**

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 tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'une spécification technique

- lorsqu'en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale, ou
- lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou quand, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat.

Les spécifications techniques font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales.

La CEI 60695-6-31, qui est une spécification technique, a été établie par le comité d'études 89 de la CEI: Essais relatifs aux risques du feu.

Le texte de cette spécification technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
89/1055/DTS	89/1093/RVC

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

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

Cette deuxième édition de la CEI/TS 60695-6-31 annule et remplace la première édition parue en 1999. Elle constitue une révision technique.

Elle a le statut d'une publication fondamentale de sécurité conformément au Guide CEI 104 et au Guide ISO/CEI 51.

La présente spécification technique doit être utilisée conjointement avec la CEI/TS 60695-6-30.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont indiquées ci-dessous:

- L'AVANT-PROPOS a été révisé et mis à jour.
- L'INTRODUCTION a été mise à jour.
- Le Domaine d'application a été mis à jour.
- Les Références normatives ont été mises à jour.
- Des modifications techniques mineures ont été effectuées dans tout le document.
- Des mises à jour éditoriales détaillées ont été ajoutées dans tout le document.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60695, regroupées sous le titre *Essais relatifs aux risques du feu*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

La Partie 6 est composée des parties suivantes:

Partie 6-1: Opacité des fumées – Lignes directrices générales

Partie 6-2: Opacité des fumées – Résumé et pertinence des méthodes d'essai

Partie 6-30: Opacité des fumées – Méthode statique à petite échelle – Description de l'appareillage

Partie 6-31: Opacité des fumées – Méthode statique à petite échelle – Matériaux

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

- transformée en Norme internationale,
- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTRODUCTION

Il est nécessaire de prendre en compte les risques du feu dans tout circuit électrique; la conception des composants, des circuits et des équipements, ainsi que le choix des matériaux, ont pour objectif de réduire l'éventualité d'un incendie, même en cas d'utilisation impropre prévisible, de dysfonctionnement ou de défaillance.

Les produits électrotechniques, essentiellement victimes du feu, peuvent néanmoins contribuer à sa propagation. Le dégagement de fumée constitue l'un des facteurs d'aggravation des risques, susceptible de réduire la visibilité et/ou l'orientation et ainsi d'entraver l'évacuation des bâtiments ou la lutte contre l'incendie.

En conséquence, une réduction de la quantité et de la vitesse d'émission de fumée générée par les matériaux/produits pendant un feu réduit les dommages aux équipements, facilite l'évacuation des personnes et l'intervention des services de secours.

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 6-31: Opacité des fumées – Méthode statique à petite échelle – Matériaux

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60695 décrit les méthodes d'essai permettant de déterminer la densité optique spécifique des fumées produites par les matériaux utilisés dans la fabrication de produits électrotechniques, à l'aide de l'appareillage décrit dans la spécification technique CEI 60695-6-30. Les éprouvettes sont exposées verticalement à un rayonnement thermique avec ou sans application de flammes pilotes dans une enceinte fermée (c'est-à-dire en atmosphère non renouvelée).

Ces méthodes d'essai sont applicables uniquement aux éprouvettes de matériaux solides, non métalliques, plans, utilisés dans les produits électrotechniques.

La présente spécification technique ne fournit pas de système de classification du comportement des matériaux.

Ces méthodes d'essai ne sont pas applicables aux matériaux qui fondent ou qui fluent en dehors de la zone du flux thermique.

Il n'est pas recommandé d'utiliser ces méthodes d'essai pour le développement de produits électrotechniques, ni pour servir de base à une réglementation ou à d'autres types de contrôle relatifs au dégagement de fumée, en raison des limites du modèle feu physique et de la géométrie des éprouvettes – voir Article 4.

AVERTISSEMENT: Il faut prendre des précautions de sécurité appropriées vis-à-vis des effluents toxiques qui peuvent être produits au cours de la combustion des éprouvettes.

La présente publication fondamentale de sécurité est à l'usage des comités d'études pour l'élaboration des normes, conformément aux principes énoncés dans le Guide CEI 104 et le Guide ISO/CEI 51.

Il est de la responsabilité d'un comité d'études, chaque fois que cela est possible, d'utiliser les publications fondamentales de sécurité dans l'élaboration de ses publications. Les exigences, les méthodes d'essai ou les conditions d'essai de la présente publication de sécurité s'appliquent seulement si elles sont incluses dans les publications correspondantes ou s'il y est fait spécifiquement référence.

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 60695-6-1, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 6-1: Opacité des fumées – Lignes directrices générales*

CEI/TS 60695-6-30:2012, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 6: Guide et méthodes d'essai pour l'évaluation des dangers d'obscurcissement de la vision par les fumées provenant*

de produits électrotechniques impliqués dans des feux – Section 30: Méthode statique à petite échelle. Détermination de l'opacité des fumées. Description de l'appareillage

Guide CEI 104:2010, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications* (disponible en anglais seulement)

ISO 5659-2:2012, *Plastiques – Production de fumée – Partie 2: Détermination de la densité optique par un essai en enceinte unique*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent:

3.1

effluents du feu

ensemble des gaz et aérosols, y compris les particules en suspension, dégagés par combustion ou par pyrolyse au cours d'un feu

[SOURCE: ISO/CEI 13943:2008, définition 4.105]

3.2

évaluation du risque de feu

évaluation des causes possibles du feu, de l'éventualité et de la nature d'une croissance ultérieure du feu, et des conséquences possibles liées au feu

3.3

ingénierie de la sécurité incendie

application des méthodes d'ingénierie fondées sur des principes scientifiques au développement ou à l'évaluation de conceptions dans un environnement bâti au moyen de l'analyse de scénarios d'incendie spécifiques ou bien par la quantification du risque pour un groupe de scénarios d'incendie

[SOURCE: ISO/CEI 13943:2008, définition 4.126]

3.4

scénario d'incendie

description qualitative du déroulement d'un incendie dans le temps, identifiant les événements clés qui caractérisent l'incendie et le différencient des autres incendies potentiels

Note 1 à l'article: Il définit typiquement les processus d'allumage et de croissance du feu, le stade de feu complètement développé, le stade de déclin du feu ainsi que l'environnement et les systèmes qui interviennent dans le déroulement de l'incendie.

[SOURCE: ISO/CEI 13943:2008, définition 4.129]

3.5

flux de chaleur

quantité d'énergie thermique émise, transmise ou reçue par unité de surface et par unité de temps

Note 1 à l'article: Il est exprimé en watts par mètre carré ($W \times m^{-2}$).

[SOURCE: ISO/CEI 13943:2008, définition 4.173]

3.6

obscurcissement par la fumée

réduction de l'intensité de la lumière lors de son passage à travers la fumée

Note 1 à l'article: En pratique, l'obscurcissement par la fumée est mesuré généralement comme la transmittance, qui est exprimée normalement en pourcentage.

Note 2 à l'article: L'obscurcissement par la fumée provoque une diminution de la visibilité.

[SOURCE: ISO/CEI 13943:2008, définition 4.242]

3.7

opacité de la fumée

rapport de l'intensité lumineuse incidente à l'intensité lumineuse transmise à travers la fumée, dans des conditions spécifiées

Note 1 à l'article: L'opacité de la fumée est l'inverse de la transmittance.

Note 2 à l'article: L'opacité de la fumée est une grandeur sans dimension.

[SOURCE: ISO/CEI 13943:2008, définition 4.243]

3.8

densité optique de la fumée

mesure de l'atténuation du rayon lumineux passant à travers la fumée, exprimée comme le logarithme décimal de l'opacité de la fumée

cf. **densité optique spécifique**, D_s (3.13)

Note 1 à l'article: La densité optique de la fumée est une grandeur sans dimension.

[SOURCE: ISO/CEI 13943:2008, définition 4.244]

3.9

modèle physique du feu

procédé de laboratoire, incluant l'appareillage, l'environnement et le mode opératoire d'essai au feu, destiné à représenter une certaine étape d'un incendie

[SOURCE: ISO/CEI 13943:2008, définition 4.251]

3.10

essai au feu en grandeur réelle

essai au feu qui simule une application donnée en prenant en compte les dimensions réelles, l'utilisation ou l'installation réelle de l'objet, et l'environnement

Note 1 à l'article: Cet essai au feu suppose que les produits seront utilisés suivant les conditions fixées par le prescripteur et/ou conformément à la pratique normale.

[SOURCE: ISO/CEI 13943:2008, définition 4.273]

3.11

essai au feu à petite échelle

essai au feu effectué sur une éprouvette d'essai de petites dimensions

Note 1 à l'article: Un essai au feu effectué sur une éprouvette dont la dimension maximale est inférieure à 1 m est habituellement appelé essai au feu à petite échelle.

[SOURCE: ISO/CEI 13943:2008, définition 4.292]

3.12

fumée

partie visible des **effluents du feu**

[SOURCE: ISO/CEI 13943:2008, définition 4.293]

3.13**densité optique spécifique, D_s**

densité optique de la fumée multipliée par un coefficient géométrique, plus un facteur de filtrage

Note 1 à l'article: Le coefficient géométrique est $V/(A \times L)$, où V est le volume de la chambre d'essai, A est l'aire de la surface exposée de l'éprouvette d'essai, et L est la longueur du trajet optique.

Note 2 à l'article: Le terme "spécifique" ne signifie pas "par unité de masse", mais indique plutôt une grandeur associée à un appareillage d'essai particulier et à l'aire de la surface exposée de l'éprouvette d'essai.

Note 3 à l'article: Le facteur de filtrage est un nombre calculé à partir de la densité optique d'un filtre de densité neutre amovible (voir 7.2).

Note 4 à l'article: La densité optique de la fumée est une grandeur sans dimension.

3.14**transmittance**

⟨fumée⟩ rapport de l'intensité lumineuse transmise à l'intensité lumineuse incidente, dans des conditions spécifiées

cf. obscurcissement par la fumée (3.6)

Note 1 à l'article: La transmittance à travers la fumée est l'inverse de l'opacité de la fumée.

Note 2 à l'article: La transmittance est une grandeur sans dimension et elle est généralement exprimée en pourcentage.

[SOURCE: ISO/CEI 13943:2008, définition 4.346]

4 Pertinence des données d'essai et observations particulières

Cet appareillage d'essai au feu à petite échelle est utilisé au niveau mondial depuis 1970 environ, essentiellement à des fins d'évaluation des matériaux. Au début des années 1990, l'ISO/TC61 a mis au point un appareillage similaire conçu, en partie, pour remédier à un certain nombre d'insuffisances de l'appareillage CEI, et en 1994, la première édition de l'ISO 5659-2 a été publiée. Il est à présent reconnu que l'ISO 5659-2 remédie aux insuffisances majeures suivantes:

- a) Le flux de chaleur est relativement faible; par conséquent, la méthode peut reproduire uniquement les conditions décrites dans le stade de feu 1b, et éventuellement le stade de feu 2, de l'ISO 19706.
- b) L'éprouvette est montée verticalement, ce qui exclut les liquides et certains thermoplastiques. Les éprouvettes qui se boursouflent à proximité du four posent également un problème, car le flux de chaleur incident, sur la partie avant de l'éprouvette, augmente de façon importante, et les flammes pilotes peuvent s'éteindre, invalidant ainsi l'essai.
- c) En raison des limites du flux de chaleur faible et de la géométrie de l'éprouvette, il est difficile d'établir un lien entre les données de l'appareillage et les scénarios de feu en grandeur réelle.
- d) Il n'existe aucun moyen de surveiller la masse de l'éprouvette durant l'essai

On peut citer également les insuffisances suivantes:

- e) Il n'existe que peu ou pas de corrélation entre les données fournies par cet appareillage et le comportement des produits durant un feu ou lors des essais de feu en grandeur réelle.
- f) L'alimentation en air est limitée et l'éprouvette cesse de brûler si la concentration en oxygène tombe en-dessous de 14 %.
- g) Le dépôt de fumée sur les murs est important.

Ces méthodes d'essai offrent cependant l'avantage de permettre d'évaluer la production de fumée à la fois pour une combustion avec flamme et sans flamme, même si le flux de chaleur est faible.

Les données produites ne sont pas appropriées pour servir de base à l'évaluation du risque de feu ou à l'ingénierie de la sécurité incendie.

De manière générale, ces méthodes ne sont pas recommandées pour le développement de produits électrotechniques, ni pour servir de base à une réglementation ou à d'autres types de contrôle relatifs au dégagement de fumée, en raison des limites du modèle feu physique et de la géométrie des éprouvettes.

5 Éprouvettes

5.1 Généralités

Ces méthodes d'essai sont sensibles aux faibles variations de géométrie, d'orientation de surface, d'épaisseur, de masse, de composition et de méthode de préparation; les résultats obtenus par ces méthodes sont ainsi dépendants des paramètres ci-dessus.

5.2 Nombre d'éprouvettes

Pour chaque essai sur un matériau donné, au moins trois éprouvettes doivent être soumises à l'essai dans les mêmes conditions.

Dans certaines circonstances, il peut être nécessaire de soumettre à l'essai trois éprouvettes supplémentaires (voir 6.5).

5.3 Dimensions des éprouvettes

Cette méthode est applicable seulement aux matériaux solides quasiment plans.

Les éprouvettes doivent être des plaques carrées de côté $76^{+0,2}_{-0,6}$ mm. L'épaisseur doit être au maximum de 25,4 mm et, dans la mesure du possible, doit être celle de l'application finale du matériau.

Pour des essais de comparaison, des matériaux de même épaisseur doivent être utilisés, parce qu'il n'existe pas de corrélation connue entre la densité optique spécifique et l'épaisseur.

5.4 Conditionnement des éprouvettes

Avant l'essai, les éprouvettes doivent être conditionnées pendant une durée minimale de 24 h à $23\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ et à une humidité relative de $50\% \pm 10\%$. Les éprouvettes doivent être mises en essai dans les 30 min qui suivent leur conditionnement.

6 Modalités d'essai

6.1 Préparation et calibrage de la chambre d'essai

La préparation et le calibrage de la chambre d'essai doivent être réalisés selon l'Article 7 de la CEI/TS 60695-6-30:2012.

6.2 Préparation des éprouvettes

Chaque éprouvette doit être enveloppée dans une seule épaisseur de feuille d'aluminium (épaisseur environ 0,04 mm), côté brillant à l'extérieur, en prenant soin d'éviter tous plis ou perforations inutiles.

L'éprouvette est ensuite montée dans le porte-éprouvette en s'assurant qu'elle est maintenue contre la fenêtre avant par l'intermédiaire d'une plaque, d'une tige et d'un ressort, à l'arrière de l'éprouvette.

Il convient de couper la feuille d'aluminium en excès sur les bords latéraux et supérieurs après le montage. L'excès d'aluminium sur le bord inférieur doit être plié de manière à minimiser les pertes éventuelles de matières fondues en bas du support.

6.3 Conditions d'essai

L'éprouvette est exposée au flux rayonné émis par le four. Le flux rayonné moyen au niveau de la surface de l'éprouvette doit être égal à $25 \text{ kW/m}^2 \pm 0,5 \text{ kW/m}^2$.

Dans l'essai avec flammes pilotes, en plus du flux rayonné, l'éprouvette est exposée à l'action d'une rampe multi-flammes, alimentée par un mélange d'air et de propane (air: 0,5 l/min; propane: 0,05 l/min).

La chambre d'essai doit être disposée dans une pièce ou un espace clos dont la température ambiante est de $23 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$ et l'humidité relative voisine de 50 % au moment de l'essai. Des précautions doivent être prises pour disposer de moyens pour évacuer les gaz potentiellement dangereux de la zone d'essai.

Des précautions doivent être prises pendant l'utilisation de l'appareillage pour éviter l'explosion des pyrolysats, particulièrement dans l'essai sans flammes pilotes, et l'exposition de l'opérateur aux fumées, particulièrement lors du retrait de l'éprouvette de la chambre ou lors du nettoyage.

Les murs de la chambre doivent être nettoyés chaque fois qu'une inspection visuelle en fait ressentir le besoin. Avant chaque essai, les faces exposées des fenêtres en verre qui séparent le photodétecteur et la source lumineuse de l'intérieur de la chambre doivent être nettoyées (l'alcool éthylique est généralement efficace). Il convient de retirer entre chaque essai les résidus charbonneux déposés sur le porte-éprouvette pour éviter toute contamination.

Pendant la période de préchauffage, il convient que tous les systèmes électriques (four, source lumineuse, photomètre, etc.) soient alimentés, l'évent d'évacuation et la porte de la chambre fermés, et l'évent d'admission ouvert. Quand la température au centre de la paroi opposée à la porte se stabilise autour de $33 \text{ °C} \pm 4 \text{ °C}$, la chambre est prête pour le calibrage du four ou la réalisation d'un essai.

Il convient que le porte-éprouvette écran soit toujours placé en face du four sauf lorsqu'il est déplacé sur le côté par le porte-éprouvette pendant un essai ou par le radiomètre pendant le calibrage. Il convient de le repositionner immédiatement après la fin de l'essai ou du calibrage pour éviter un échauffement excessif de la paroi adjacente.

Le calibrage est réalisé d'après la procédure décrite dans l'Article 7 de la CEI/TS 60695-6-30:2012.

Pour l'essai sans flammes pilotes, retirer le brûleur multi-flammes; pour l'essai avec flammes pilotes, placer le brûleur à hauteur du bord inférieur de l'éprouvette, comme décrit au 6.4 de la CEI/TS 60695-6-30:2012.

Avant d'installer l'éprouvette, aérer la chambre avec la porte et les événements d'évacuation et d'admission ouverts pendant environ 2 min et vérifier la température initiale de la chambre.

6.4 Détermination de l'opacité des fumées – Exécution d'un essai

Fermer l'évent d'évacuation; fermer l'extracteur et positionner le porte-éprouvette contenant l'éprouvette sur les tiges de maintien, à côté du porte-éprouvette-écran.

Glisser le porte-éprouvette le long des tiges de maintien en déplaçant le porte-éprouvette-écran, de manière que l'éprouvette soit positionnée au centre, en face du four.

Fermer la porte et déclencher l'enregistrement et le chronomètre. Lorsque l'enregistrement montre une réduction de la transmittance à partir de 100 %, fermer l'évent d'admission.

Pendant toute la durée de l'essai, relever et, si cela est approprié, ajuster les points suivants:

- La tension de l'alimentation électrique du four, pour la maintenir au niveau établi durant le calibrage (voir 6.3).
- Le signal du potentiomètre, pour que les valeurs soient comprises entre 10 % et 100 % de la valeur de l'échelle. Si la transmittance tombe en dessous de 0,01 %, le filtre neutre de densité optique doit être retiré et l'échelle de sensibilité multipliée par 10. Pour éviter toute perturbation des résultats par la lumière ambiante, la porte de la chambre d'essai doit être occultée pour des échelles de sensibilité inférieures à 0,01 %.
- La pression interne de la chambre d'essai, indiquée par le manomètre. Si la pression dépasse 150 mm d'eau (ce qui peut intervenir pendant ou après une combustion rapide), ouvrir brièvement l'évent d'évacuation, et, si la pression tombe en dessous de 0 mm d'eau, ouvrir brièvement l'évent d'admission.
- Les débits d'air et de propane des flammes pilotes (si elles sont utilisées).
- Le comportement de l'éprouvette.

La fin de l'essai intervient soit 3 min après que la valeur minimale de la transmittance a été atteinte, soit après 20 min, la durée la plus courte sera applicable.

NOTE L'essai peut éventuellement être poursuivi au-delà de 20 min, si cela est exigé, mais si c'est le cas ceci doit être indiqué dans le rapport d'essai.

A la fin de l'essai, glisser le porte-éprouvette en dehors de l'ouverture du four, éteindre le brûleur (s'il a été utilisé), repositionner le porte-éprouvette-écran, actionner le ventilateur d'extraction et ouvrir les événements d'admission et d'évacuation.

Maintenir l'extraction de la fumée jusqu'à l'obtention d'une transmittance maximale (T_c).

6.5 Comportement anormal en cours d'essai

Pendant les essais, des éprouvettes peuvent présenter un comportement anormal, qui peut entraîner l'invalidité des résultats d'essai.

Les comportements suivants sont considérés comme anormaux:

- chute de l'éprouvette de son support, ou tout autre déplacement de l'éprouvette en dehors de la zone de rayonnement étalonné;
- auto-allumage de l'éprouvette au cours de l'essai sans flammes pilotes;
- écoulement de matière fondue du porte-éprouvette;
- extinction de n'importe quelle flamme pilote pendant l'essai avec flammes pilotes (même brève).

Si une ou plusieurs éprouvettes présentent un comportement anormal pendant l'essai, une série supplémentaire de trois éprouvettes neuves doit être soumise à l'essai et les résultats calculés sur les essais réalisés sans comportement anormal, dans la mesure où au moins trois essais sans comportement anormal ont été obtenus.

Si plus de trois éprouvettes sur les six soumises à l'essai présentent des comportements anormaux, les résultats obtenus ne sont pas recevables et il doit être indiqué dans la spécification d'essai que la méthode d'essai n'est pas applicable à cette éprouvette.

Tout comportement anormal doit être signalé – voir Article 9.

7 Expression des résultats

7.1 Généralités

Des lignes directrices générales relatives à l'obscurcissement par la fumée sont données dans la CEI 60695-6-1. Elles incluent des informations concernant la mesure optique de la fumée ainsi que la signification et l'utilisation des paramètres de la fumée.

7.2 Densité optique spécifique

Dans cette spécification technique, D_s représente la densité optique spécifique (nombre sans dimension), calculée de la façon suivante:

$$D_s = G [\log_{10} (100/T) + F]$$

où

G est une constante dérivée de la géométrie de l'appareillage d'essai comme suit:

$$G = V / (AL)$$

avec

V = volume de la chambre (0,51 m³)

A = surface exposée de l'éprouvette (0,004225 m²)

L = longueur du faisceau lumineux traversant la fumée (0,914 m)

pour cet appareillage $G = 132$;

T est la transmission lumineuse (%);

F est un facteur qui dépend de la densité optique du filtre neutre amovible et qui prend les valeurs suivantes:

- si le filtre neutre est placé dans le faisceau lumineux au moment où T est mesurée, $F = 0$;
- si le filtre amovible est retiré du faisceau lumineux au moment où T est mesurée, F est calculé comme dans C.1.3.3 de la CEI/TS 60695-6-30:2012;
- si le système optique n'est pas équipé d'un filtre amovible, $F = 0$.

Un tableau des valeurs de D_s en fonction de T est donné dans l'Annexe A de la CEI/TS 60695-6-30:2012.

NOTE L'utilisation du terme «spécifique» dans la densité optique spécifique ne signifie pas une densité optique par masse (ou perte de masse), mais signifie une densité optique spécifique de la géométrie de l'appareillage.

En se basant sur les calculs de D_s ci-dessus, les paramètres suivants peuvent être déterminés:

D_m : la valeur maximale de la densité optique spécifique;

t_m : le temps, en minutes, pour atteindre D_m ;

t_{16} : le temps pour atteindre $D_s = 16$ ($T = 75$ %);

D_c : la densité optique spécifique correspondant à la valeur maximale de T enregistrée (T_c) après évacuation de la fumée de la chambre d'essai – une mesure de la déposition sur les fenêtres du système optique;

D_m (corr) : la densité optique maximale, corrigée des dépôts de fumées sur les fenêtres du système optique, calculée de la façon suivante:

$$D_{m(\text{corr})} = D_m - D_c$$

VOF4 est un indice de fumée obtenu d'après les mesures de densité optique spécifique après 1 min, 2 min, 3 min et 4 minutes. Il est calculé de la façon suivante:

$$VOF4 = D_1 + D_2 + D_3 + (D_4 / 2)$$

où

D_1 , D_2 , D_3 et D_4 sont les densités optiques spécifiques, relevées respectivement après 1 min, 2 min, 3 min et 4 min d'essai.

NOTE VOF_4 est un indice de fumée exigé par certaines spécifications nationales.

Pour chaque série d'essais, les résultats s'expriment par la moyenne arithmétique de tous les essais valides. Pour chaque paramètre calculé, si la valeur maximale est supérieure à 1,5 fois la valeur minimale, il convient de réaliser les essais sur trois éprouvettes supplémentaires et la moyenne arithmétique des valeurs obtenues recalculée pour tous les essais.

8 Répétabilité et reproductibilité

Des données de répétabilité et de reproductibilité ont été produites au cours de l'élaboration de la norme française NF C 20-902/1 et de la norme britannique BS 6401.

Un résumé des résultats est donné dans l'Annexe A.

9 Rapport d'essai

Pour chaque série d'essais, le rapport d'essai doit comprendre:

- une description complète de l'éprouvette, incluant le type de matériau ou sa référence, les paramètres pertinents de mise en œuvre, les méthodes de préparation, l'épaisseur et la masse des éprouvettes;
- le nombre d'essais valides réalisés;
- les conditions de l'essai, incluant les valeurs de calibrage, la durée de l'essai, le mode d'exposition (avec ou sans flammes pilotes);
- les valeurs moyennes de D_m , t_m , D_c , $D_m(\text{corr})$, et les écarts maximaux constatés entre les valeurs minimale et maximale;
- le facteur de correction du filtre neutre de densité optique (s'il a été retiré);
- les observations sur le comportement de l'éprouvette soumise à l'essai et sur la validité de l'essai;
- les observations sur tout comportement anormal.

En option, les données suivantes peuvent être également relevées:

- la courbe D_s en fonction du temps;
- D_s à 1 min, 2 min, 3 min et 4 min;
- la perte de masse;
- VOF_4 .

Un modèle de rapport d'essai est donné dans l'Annexe B.

Annexe A (informative)

Évaluation de la répétabilité et de la reproductibilité à partir d'essais interlaboratoires

A.1 Essais interlaboratoires de la norme française NF C 20-902/1

Quatre matériaux utilisés dans le domaine électrotechnique, dont trois utilisés dans les câbles électriques ont été évalués dans 14 chambres à fumée NBS, selon les modalités décrites dans la norme française NF C 20-902/1.

Les résultats de ces essais relatifs à la détermination de D_m et de $VOF4$ sont résumés dans les Tableaux A.1 et A.2.

Tableau A.1 – Mesure de D_m

Conditions d'essais	Paramètres	Matériaux étudiés			
		Silicone	Polyéthylène chlorosulfoné	Ethylène d'acétate de vinyle	Polyamide 6,6
Sans flammes pilotes	m	278	234	314	70
	r	43	113	42	11
	S_r	15	40	17	4
	R	67	287	81	41
	S_R	24	102	29	15
Avec flammes pilotes	m	211	624	259	84
	r	158	98	115	44
	S_r	56	85	41	16
	R	206	131	204	60
	S_R	74	68	73	21
m = densité optique spécifique moyenne (D_m) r = répétabilité S_r = écart-type de répétabilité R = reproductibilité S_R = écart-type de reproductibilité					

Tableau A.2 – Mesure de VOF4

Conditions d'essai	Paramètres	Matériaux étudiés			
		Silicone	Polyéthylène chlorosulfoné	Ethylène d'acétate de vinyle	Polyamide 6,6
Sans flammes pilotes	m	99	12	255	20
	r	33	12	84	7
	S_r	12	4	30	2
	R	69	20	164	20
	S_R	25	7	59	7
Avec flammes pilotes	m	163	636	185	32
	r	116	209	167	33
	S_r	41	75	60	12
	R	234	577	109	62
	S_R	84	206	71	22
m = VOF4 moyen r = répétabilité S_r = écart-type de répétabilité R = reproductibilité S_R = écart-type de reproductibilité					

A.2 Essais interlaboratoires de la norme britannique BS 6401

Onze matériaux utilisés dans des applications du bâtiment ont été évalués dans sept chambres à fumée NBS, selon la procédure décrite dans la norme britannique BS 6401.

Les résultats de ces essais relatifs à la détermination de D_m , avec et sans flammes pilotes, sont résumés dans les Tableaux A.3 et A.4.

Tableau A.3 – Coefficients de variation et précision relative de la densité optique spécifique maximale (D_m) pour l'essai avec application de flammes pilotes

Matériau	Coefficient de variation %		Précision relative %	
	Même laboratoire	Interlaboratoires	Répétabilité	Reproductibilité
Moquette	29,8	0,0	41,4	41,4
Panneau aggloméré	15,2	8,7	21,1	32,0
Panneau de fibre	26,0	32,1	36,0	95,9
Polyester renforcé fibre de verre (PRV)	14,0	8,6	19,4	30,7
Carton comprimé	33,4	17,5	46,2	67,0
Panneau de plâtre	12,8	22,3	17,7	64,2
Mousse polyisocyanurate	10,6	10,1	14,7	31,5
Mousse polystyrène	47,5	33,3	65,9	113,4
Mousse polyuréthane	8,1	0,2	11,2	11,3
Polychlorure de vinyle rigide (PVC)	14,1	0,0	19,6	19,6
Plastique acrylonitrile-butadiène-styrène (ABS)	5,6	3,6	7,8	12,7

Tableau A.4 – Coefficients de variation et précision relative de la densité optique spécifique maximale (D_m) pour l'essai sans application de flammes pilotes

Matériau	Coefficient de variation %		Précision relative %	
	Même laboratoire	Interlaboratoires	Répétabilité	Reproductibilité
Moquette	17,1	4,9	23,6	27,3
Panneau aggloméré	17,9	12,8	24,8	43,4
Panneau de fibre	24,3	11,7	33,6	46,8
Polyester renforcé fibre de verre (PRV)	12,8	9,3	17,4	31,0
Carton comprimé	9,4	5,9	13,0	20,8
Panneau de plâtre	6,4	5,6	8,8	17,8
Mousse polyisocyanurate	15,1	0,0	20,9	20,9
Mousse polystyrène	31,3	29,0	43,4	91,4
Mousse polyuréthane	8,9	17,2	12,4	49,3
Polychlorure de vinyle rigide (PVC)	7,7	10,7	10,7	31,6
Plastique acrylonitrile-butadiène-styrène (ABS)	4,6	0,0	6,4	6,4

Annexe B (informative)

Exemple de rapport d'essai – Détermination de l'opacité des fumées en atmosphère non renouvelée

- Référence du matériau en essai
- Fabricant de l'appareillage
- Essai N°
- Date
- Laboratoire

B.1 Résultats

B.2 Relevés et mesures avant l'essai (optionnel)

B.2.1 Environnement

- Température du local °C
- Humidité relative %

B.2.2 Moyen d'essai

- Condition de surface de la chambre
- Taux de fuite de la chambre:
 - to* mm H₂O
 - t₅ min* mm H₂O
- Distance du plan d'ouverture du four à l'éprouvette mm
- Tension de l'alimentation électrique du four V
- Contrôle de la non-déformation de la résistance
- Lecture du radiomètre mV
- Eclairement énergétique kW/m²
- Pression de la chambre (maximum au cours de l'essai) mm H₂O
- Température de la chambre °C

B.2.3 Exposition thermique avec flammes pilotes

- Flammes pilotes
 - mm du bord inférieur
du porte-éprouvette
 - mm de la surface
de l'éprouvette
- Dimension des flammes pilotes mm
- Débit de propane cm³/min
- Débit d'air cm³/min

B.2.4 Éprouvette

Conditionnement:

- température °C
- durée h

Conditions d'essais:

- température °C
- humidité relative %
- durée h

B.3 Relevés et mesures après l'essai (optionnel)

- Température du local °C
- Température à l'arrière de l'éprouvette
(entre l'aluminium et la plaque de maintien) °C

Bibliographie

ISO 13943, *Fire safety – Vocabulary* (disponible en anglais seulement)

ISO 5725 (toutes les parties), *Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure*

BS 6401:1983, *Method for measurements, in the laboratory, of the specific optical density of smoke generated by materials* (disponible en anglais seulement)

NF C 20-902/1:1990, *Essais relatifs aux risques du feu – Méthodes d'essai – Détermination de l'opacité des fumées en atmosphère non renouvelée – Partie 1: Méthodologie et dispositif d'essai*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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