

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Fire hazard testing –

Part 9-2: Surface spread of flame – Summary and relevance of test methods

Essais relatifs aux risques du feu –

Partie 9-2: Propagation des flammes en surface – Résumé et pertinence des méthodes d'essai





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC 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.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables 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 online 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 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC 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 l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

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

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC 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.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. 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 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 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

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.



IEC 60695-9-2

Edition 1.0 2014-03

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Fire hazard testing –

Part 9-2: Surface spread of flame – Summary and relevance of test methods

Essais relatifs aux risques du feu –

Partie 9-2: Propagation des flammes en surface – Résumé et pertinence des méthodes d'essai

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

U

ICS 13.220.40, 29.020

ISBN 978-2-8322-1386-5

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 Summary of published test methods	11
4.1 Small-scale and intermediate-scale burning tests.....	11
4.1.1 Horizontal and vertical 50 W and 500 W flame tests – IEC 60695-11-10 and IEC 60695-11-20	11
4.1.2 Vertical burning test for cables – IEC 60332-1 [3]	12
4.1.3 Vertical burning test for cables – IEC 60332-2 [4]	13
4.1.4 Lateral flame spread on building and transport products – ISO 5658-2 [5]	13
4.1.5 Intermediate scale test of vertical flame spread – ISO 5658-4 [8].....	14
4.1.6 Fire propagation apparatus, ISO 12136 [9]	15
4.1.7 Vertical burning test for aircraft materials – FAR 25 [19]	16
4.1.8 Horizontal burning rate for road vehicle materials – ISO 3795 [20].....	17
4.2 Large-scale burning tests.....	17
4.2.1 General	17
4.2.2 Vertical burning tests for cables (ladder tests)	17
4.2.3 Vertical burning test for cables – NF C 32-070 [40].....	18
4.2.4 Vertical burning test for riser cables – UL 1666 [41].....	23
4.2.5 Horizontal flame spread test for cables – EN 50289-4-11 and NFPA 262.....	23
Annex A (informative) Repeatability and reproducibility data – ISO 5658-2	25
Annex B (informative) Repeatability and reproducibility data – ISO 5658-4	26
Annex C (informative) Repeatability and reproducibility data – NFPA 262	27
Bibliography.....	28
Table 1 – Summary and comparison of IEC 60332 vertical ladder test methods [21] a)	19
Table 2 – Summary and comparison of non-IEC vertical ladder test methods.....	21
Table A.1 – Interlaboratory test data for ISO 5658-2	25
Table B.1 – Reproducibility and repeatability data for ISO 5658-4.....	26
Table C.1 – Repeatability and reproducibility data for NFPA 262	27

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIRE HAZARD TESTING –

**Part 9-2: Surface spread of flame –
Summary and relevance of test methods**

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 60695-9-2 has been prepared by IEC technical committee 89: Fire hazard testing.

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

This first edition cancels and replaces the second edition of IEC TS 60695-9-2 published in 2005. This edition constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
89/1202/FDIS	89/1209/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.

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

This International standard is to be used in conjunction with IEC 60695-9-1.

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.

INTRODUCTION

The risk of fire needs to be considered in any electrical circuit. The objective of component, circuit and equipment design, as well as 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. Fire hazard increases as the burning area increases, leading in some cases to flashover and a fully developed fire. This is a typical fire scenario in buildings. It is therefore useful to measure the rate and extent of the surface spread of flame.

This part of IEC 60695-9 describes surface spread of flame test methods in common use to assess electrotechnical products or materials used in electrotechnical products. It forms part of the IEC 60695-9 series which gives guidance to product committees wishing to incorporate test methods for surface spread of flame in product standards.

IEC 60695-9 consists of the following parts:

- Part 9-1: *Surface spread of flame – General guidance*
- Part 9-2: *Surface spread of flame – Summary and relevance of test methods.*

FIRE HAZARD TESTING –

Part 9-2: Surface spread of flame – Summary and relevance of test methods

1 Scope

This part of IEC 60695 presents a summary of published test methods that are used to determine the surface spread of flame of electrotechnical products or materials from which they are formed.

It represents the current state of the art of the test methods and, where available, includes special observations on their relevance and use.

The list of test methods is not to be considered exhaustive, and test methods that were not developed by IEC TC89 are not to be considered as endorsed by IEC TC89 unless this is specifically stated.

This summary cannot be used in place of published standards which are the only valid reference documents.

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 60695-4, *Fire hazard testing – Part 4: Terminology concerning fire tests for electrotechnical products*

IEC 60695-9-1, *Fire hazard testing – Part 9-1: Surface spread of flame – General guidance*

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

ISO/IEC Guide 51, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

ISO 13943:2008, *Fire Safety – Vocabulary*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, terms and definitions given in ISO 13943 and IEC 60695-4, some of which are reproduced below for the user's convenience, as well as the following additional definitions, apply:

3.1

burned length

maximum extent in a specified direction of the burned area

Note 1 to entry: The typical units are metres (m).

cf. **damaged length** (3.6)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.31]

3.2

char, noun

carbonaceous residue resulting from **pyrolysis** (3.26) or incomplete **combustion** (3.5)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.38]

3.3

char length

length of charred area

cf. **burned length** (3.1) and **damaged length** (3.6)

Note 1 to entry: In some standards, char length is defined by a specific test method.

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.40]

3.4

combustible, noun

item capable of **combustion** (3.5)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.44]

3.5

combustion

exothermic reaction of a substance with an oxidizing agent

Note 1 to entry: Combustion generally emits fire effluent accompanied by **flames** (3.14) and/or glowing.

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.46]

3.6

damaged length

maximum extent in a specified direction of the damaged area

cf. **char length** (3.3) and **burned length** (3.1)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.60]

3.7

extent of combustion

(electrotechnical) maximum length of a test specimen that has been destroyed by **combustion** (3.5) or **pyrolysis** (3.26), under specified test conditions, excluding any region damaged only by deformation

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.91]

3.8 fire

⟨general⟩ process of **combustion** (3.5) characterized by the emission of heat and fire effluent and usually accompanied by smoke, flame (3.14), glowing or a combination thereof

Note 1 to entry: In the English language the term “fire” is used to designate three concepts, two of which, **fire** (3.9) and **fire** (3.10), relate to specific types of self-supporting combustion with different meanings and two of them are designated using two different terms in both French and German.

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.96]

3.9 fire

⟨controlled⟩ self-supporting **combustion** (3.5) that has been deliberately arranged to provide useful effects and is limited in its extent in time and space

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.97]

3.10 fire

⟨uncontrolled⟩ self-supporting **combustion** (3.5) that has not been deliberately arranged to provide useful effects and is not limited in its extent in time and space

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.98]

3.11 fire hazard

physical object or condition with a potential for an undesirable consequence from **fire** (3.10)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.112]

3.12 fire retardant, noun

substance added, or a treatment applied, to a material in order to delay **ignition** (3.22) or to reduce the rate of **combustion** (3.5)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.123, modified by deletion of “cf. flame retardant”]

3.13 fire scenario

qualitative description of the course of a fire (3.10) 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** (3.22) and fire growth processes, the **fully developed fire** (3.20) stage, the fire decay stage, and the environment and systems that impact on the course of the fire.

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.129]

3.14 flame, noun

zone in which there is rapid, self-sustaining, sub-sonic propagation of **combustion** (3.5) in a gaseous medium, usually with emission of light

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.133 – modified by the addition of “zone in which there is”]

3.15**flame front**

boundary of flaming **combustion** (3.5) at the surface of a material or propagating through a gaseous mixture

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.136]

3.16**flame retardant**, noun

substance added, or a treatment applied, to a material in order to suppress or delay the appearance of a **flame** (3.14) and/or reduce the **flame-spread rate** (3.18)

Note 1 to entry: The use of (a) flame retardant(s) does not necessarily suppress **fire** (3.8) or terminate **combustion** (3.5)..

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.139]

3.17**flame spread**

propagation of a **flame front** (3.15)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.142]

3.18**flame-spread rate****burning rate (deprecated)****rate of burning (deprecated)**

distance travelled by a **flame front** (3.15) during its propagation, divided by the time of travel, under specified conditions

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.143]

3.19**flashover**

⟨stage of fire⟩ transition to a state of total surface involvement in a **fire** (3.10) of combustible materials within an enclosure

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.156]

3.20**fully developed fire**

state of total involvement of combustible materials in a **fire** (3.8)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.164]

3.21**heat release rate**

burning rate (deprecated)

rate of burning (deprecated)

rate of thermal energy production generated by combustion ()

Note 1 to entry: The typical units are watts (W).

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.177]

3.22

ignition

sustained ignition (deprecated)

⟨general⟩ initiation of **combustion** (3.5)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.188]

3.23

ignition source

source of energy that initiates **combustion** (3.5)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.189]

3.24

large-scale fire test

fire test that cannot be carried out in a typical laboratory chamber, performed on a test specimen of large dimensions

Note 1 to entry: A fire test performed on a test specimen of which the maximum dimension is greater than 3 m is usually called a large-scale fire test.

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.205]

3.25

minimum ignition temperature

ignition point

minimum temperature at which sustained **combustion** (3.5) can be initiated under specified test conditions

Note 1 to entry: The minimum ignition temperature implies the application of a thermal stress for an infinite length of time.

Note 2 to entry: The typical units are degrees Celsius (°C).

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.231]

3.26

pyrolysis

chemical decomposition of a substance by the action of heat

Note 1 to entry: Pyrolysis is often used to refer to a stage of **fire** (3.8) before flaming **combustion** (3.5) has begun.

Note 2 to entry: In fire science, no assumption is made about the presence or absence of oxygen.

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.266]

3.27

pyrolysis front

boundary between the region of **pyrolysis** (3.26) and the region of unaffected material at the surface of the material

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.267]

3.28

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 13943: 2008, definition 4.273]

3.29

riser cable

cable that runs vertically between floors in a building

Note 1 to entry: This is a term used predominantly in North America

3.30

riser shaft

shaft provided to run services between floors in a building

Note 1 to entry: This is a term used predominantly in North America

3.31

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 13943: 2008, definition 4.292]

3.32

surface spread of flame

flame spread (3.17) away from the source of **ignition** (3.22) across the surface of a liquid or a solid

[SOURCE: ISO 13943: 2008, definition 4.317]

4 Summary of published test methods

4.1 Small-scale and intermediate-scale burning tests

4.1.1 Horizontal and vertical 50 W and 500 W flame tests – IEC 60695-11-10 and IEC 60695-11-20

4.1.1.1 General

IEC 60695-11-10 [1]¹ is a test using a 50 W flame. IEC 60695-11-20 [2] is a test using a 500 W flame.

4.1.1.2 Purpose and principle

These tests refer to solid electrical insulating materials and are intended to serve as a preliminary indication of their behaviour when exposed to an ignition source. The results make it possible to check the constancy of the characteristics of a material and provide an indication of the progress in the development of the flame retardancy of insulating materials. The results also provide a relative comparison and classification of insulating materials.

4.1.1.3 Test specimen

The relatively small test specimen is 125 mm long, 13 mm wide, and up to 13 mm thick.

¹ Numbers in square brackets refer to the bibliography.

4.1.1.4 Test method

These tests involve the application of an ignition source to a horizontal or vertical test specimen and the evaluation of the linear burning rate (HB classification) and the vertical spread of flame (V classification).

4.1.1.5 Repeatability and reproducibility

Data are available in IEC 60695-11-10 [1] Annexes A and B, and IEC 60695-11-20 [2], Annex A.

4.1.1.6 Relevance of test data

These test methods are used to evaluate materials. The test methods provide classifications that may be used for quality assurance, the preselection of component materials of products, or to verify the required minimum flammability classification of materials used in end products. The tests are not valid for determining the fire behaviour and fire hazard of complete items of equipment, since the dimensions of the insulating systems, the design and heat transfer to adjacent metallic parts, greatly influence the flammability of the electrical insulating materials being used.

4.1.2 Vertical burning test for cables – IEC 60332-1 [3]

4.1.2.1 Purpose and principle

This test method specifies a method of testing a single vertical wire or cable or optical cable under fire conditions. Part 1-1 defines the apparatus. Part 1-2 defines the procedure. The char length of a vertical test specimen, exposed to a 1 kW pre-mixed flame in a suitable chamber, is measured. The standard includes, in an informative annex, recommended requirements for compliance for use where these are not given in the cable product standard. Part 1-3 is a procedure for determination of flaming droplets/particles.

The method specified is not suitable for the testing of small single insulated conductors or cables of less than 0,5 mm² total cross-section, because the conductor melts before the test is completed, or for the testing of small optical fibre cables because the cable is broken before the test is completed – see Clause 4.1.3.

NOTE The corresponding EN standards are EN 60332-1-1, EN 60332-1-2 and EN 60332-1-3.

4.1.2.2 Test specimen

The test specimen consists of a piece of finished wire or cable 600 mm ± 25 mm long.

4.1.2.3 Test method

The test specimen is held in a vertical position by means of two support arms within a three-sided metallic screen. A calibrated burner is used to ignite the test specimen. Its flame is continuously applied for a period of time which is related to the overall diameter of the test specimen. The damaged length of the test specimen is then noted.

4.1.2.4 Repeatability and reproducibility

No data are known to be available.

4.1.2.5 Relevance of test data

This method is used to determine the extent of vertical burning of a single finished wire or cable by measuring the char length.

The use of insulated wire or cable, which retards flame propagation and complies with the requirements of this standard, cannot be assumed by itself to prevent propagation of fire under all conditions of installation. Two examples of such conditions are:

- a) vertical runs of bunched or bundled cables
- b) potential ignition sources that would impose a more intense thermal environment than that provided by the test method.

It is recommended that wherever the risk of propagation is high, special installation precautions should be taken.

4.1.3 Vertical burning test for cables – IEC 60332-2 [4]

4.1.3.1 Purpose and principle

This test method specifies a method of testing a small insulated wire under fire conditions when the method specified in vertical burning test IEC 60332-1 is not suitable – see Clause 4.1.2.1.. Part 2-1 defines the apparatus. Part 2-2 defines the procedure. The char length of a vertical test specimen, exposed to a diffusion flame of length $125 \text{ mm} \pm 25 \text{ mm}$ in a draught-free chamber, is measured. The standard includes, in an informative annex, recommended requirements for compliance for use where these are not given in the cable product standard.

NOTE The corresponding EN standards are EN 60332-2-1 and EN 60332-2-2.

4.1.3.2 Test specimen

The test specimen consists of a piece of finished copper wire or cable or optical cable, $600 \text{ mm} \pm 25 \text{ mm}$ long.

4.1.3.3 Test method

The test specimen is held in a vertical position by means of two support arms within a three-sided metallic screen. A load of 5 N for each mm^2 of conductor area is attached to the lower part of the test specimen. A calibrated burner is used to ignite the test specimen. Its flame is continuously applied for a maximum period of 20 s . The damaged length of the test specimen is then noted.

4.1.3.4 Repeatability and reproducibility

No data are known to be available.

4.1.3.5 Relevance of test data

This method is used to determine the extent of burning by measuring the char length.

Since the use of insulated wire or cable or optical cable, which retards flame propagation and complies with the requirements of this standard, is not sufficient by itself to prevent propagation of fire under all conditions of installation, it is recommended that wherever the risk of propagation is high, for example in long vertical runs of bunched cables, special installation precautions should also be taken. It cannot be assumed that, because the cable test specimen complies with the performance required in this standard, bunched cables will behave in a similar manner.

4.1.4 Lateral flame spread on building and transport products – ISO 5658-2 [5]

4.1.4.1 Purpose and principle

This test provides a simple method by which lateral spread of flame on a vertical test specimen can be determined for comparative purposes. The test provides data suitable for comparing the performance of essentially flat materials, composites or assemblies, which are

used primarily as the exposed surfaces of walls in buildings and transport vehicles, such as ships and trains. Some profiled products (such as pipes) can also be tested under specified mounting and fixing conditions.

NOTE The test was developed from the method of the International Maritime Organization (IMO) published as IMO Resolution A.653 [6].

4.1.4.2 Test specimen

Test specimens are 800 mm long by 155 mm wide. Products of thickness 70 mm or less are tested using their full thickness. For products of thickness greater than 70 mm the unexposed face is cut away to reduce the thickness to 70 mm.

4.1.4.3 Test method

The test method consists of exposing conditioned test specimens to a well-defined field of radiant heat flux and measuring the time to ignition, the lateral spread of flame, and its final extinguishment. A test specimen is placed in a vertical position adjacent to a gas-fired radiant panel. A pilot flame is sited close to the hot end of the test specimen to ignite volatile gases. Following ignition, any flame front which develops is noted, and a record is made of the progression of the flame front horizontally along the length of the test specimen. The results are expressed as the critical heat flux at extinguishment and the average heat for sustained burning.

4.1.4.4 Repeatability and reproducibility

Data obtained in an interlaboratory trial are given in Annex A.

4.1.4.5 Relevance of test data

The test is applicable to the measurement and description of the properties of materials, products or assemblies in response to radiative heat in the presence of a pilot flame under controlled laboratory conditions. The test deals only with a simple representation of a particular aspect of the potential fire situation typified by a radiant heat source and flame; it cannot alone provide any direct guidance on behaviour or safety in fire. The test is particularly useful for research, development and quality control purposes. Profiled test specimens such as cables and pipes can be tested using this test method.

NOTE The same test apparatus is used for the procedures described in ASTM E-1321 [7] which provides a more scientifically detailed method by which the ignitability and spread of flame parameters of materials can be determined. Data derived from this test are suitable for use as input in fire safety engineering calculations.

4.1.5 Intermediate scale test of vertical flame spread – ISO 5658-4 [8]

4.1.5.1 Purpose and principle

This test method consists of exposing the lower part of a conditioned vertically-oriented test specimen to a single well-defined field of radiant heat flux (maximum $40 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$) and measuring the time to ignition, vertical and horizontal spread of flame and, where appropriate, observing other fire spread effects such as flaming drips or debris and lateral spread. A non-impinging line pilot burner is positioned above the radiated area of the test specimen to ignite volatile gases.

4.1.5.2 Test specimen

Test specimens are representative of the product and are 1 525 mm long by 1 025 mm wide. The specimen is mounted in a holder on a support trolley with the long edge vertical and the short edge horizontal.

4.1.5.3 Test method

The test specimen is marked with reference lines (vertical and horizontal). When the radiant panel has attained thermal equilibrium, the pilot burner is lit and the trolley is moved into the test position. The ignition time is recorded together with any other flaming effects. Times of arrival of any sustained flame at the reference lines on the test specimen and at the edges of the test specimen are recorded. The test time is a maximum of 30 min. The burned area and the type of damage are recorded.

4.1.5.4 Repeatability and reproducibility

Data from an interlaboratory trial are given in Annex B.

4.1.5.5 Relevance of test data

This test specifies an intermediate-scale method for measuring the vertical spread (upward and downward) of flame over a test specimen of a product oriented in the vertical position. A measure of lateral spread can also be obtained. The test provides data suitable for comparing the performance of materials, composites or assemblies, which are used as the exposed surfaces of walls or other vertically oriented products in construction applications. The heat source may be considered to represent a single burning item such as a wastepaper bin or an upholstered chair within an enclosure, and this scenario would generally be considered to apply during the early developing stage of a fire.

4.1.6 Fire propagation apparatus, ISO 12136 [9]

4.1.6.1 Purpose and principle

ISO 12136 provides test methods for determining and quantifying the flammability characteristics of materials, in relation to their propensity to support fire propagation, by means of a fire propagation apparatus (FPA). Material flammability characteristics that are quantified in this international standard include time to ignition, chemical and convective heat release rates, mass loss rate, effective heat of combustion, heat of gasification and smoke yield. These properties can be used for fire safety engineering and for fire modelling.

4.1.6.2 Test apparatus

See ISO 12136 [9] and ASTM E2058 [10].

4.1.6.3 Test specimens

Square test specimens are 102 mm x 102 mm and are mounted in a square holder. Circular test specimens are 96,5 mm in diameter and are mounted in a circular holder. The test specimen thickness is not less than 3 mm and not greater than 25.4 mm. For the vertical fire propagation test, the test specimen is 102 mm in width and 305 mm in length and is mounted in a vertical test specimen holder.

4.1.6.4 Test methods and results

The four test methods given in this international standard are based on measurements of time to observed ignition, mass loss rate, heat release rate and smoke generation rate. The tests are performed using a laboratory calorimeter known as fire propagation apparatus whereby the heat source is isolated from the test specimen. The test methods are intended to produce flammability property measurements that will characterize fire behaviour during reference-scale fire tests.

The ignition, combustion or fire propagation test methods, or a combination thereof, have been performed with materials and products containing a wide range of polymer compositions and structures, including electrotechnical products, materials for electrotechnical products and electric cables [11] to [18].

The unique feature of the fire propagation test method is that it produces laboratory measurements of the chemical heat release rate during upward fire propagation and burning (from a material's own flame after initiation by an external radiant flux) on a vertical test specimen in normal air, oxygen enriched air, or in oxygen-vitiated air.

These test methods are intended for evaluation of specific flammability characteristics of materials. Materials to be analysed consist of specimens from an end-use product or the various components used in the end-use product. Results from the test methods provide input to flame spread and fire growth models, risk analysis studies, building and product designs and materials research and development.

This international standard can be used to measure and describe the response of materials, products, or assemblies to heat and flame under controlled conditions, but does not by itself incorporate all factors required for fire hazard or fire risk assessment of the materials, products or assemblies under actual fire conditions.

4.1.7 Vertical burning test for aircraft materials – FAR 25 [19]

4.1.7.1 Purpose and principle

The requirements for electrical system components are given in FAR 25.869 (a). Insulation on electrical wires and electric cable installed in any area of an airplane fuselage shall be self-extinguishing when tested in accordance with a 60° Bunsen burner test described in Part I, (b), (7) in Appendix F of FAR 25 (1965).

The requirements for materials and parts used in the crew and passenger compartments are given in FAR 25.853. Electrical conduit shall be self-extinguishing when tested in accordance with a vertical Bunsen burner test described in Part I, (b), (4) in Appendix F of FAR 25 (1965).

4.1.7.2 Test specimen

The test specimen for the vertical Bunsen burner test is at least 50 mm wide and 30,5 mm long, unless the actual size used in the airplane is smaller. The test specimen thickness is no thicker than the minimum thickness qualified for use in an airplane.

The test specimen for the 60 ° Bunsen burner test is a length of wire or cable. The gauge is the same as that used in the airplane.

4.1.7.3 Test method

These tests involve applying an ignition source to a 60° or vertical test specimen. The flame time, burned length, and flaming time of drippings, if any, are then measured or noted.

Electrical conduits are submitted to a 12 s application of flame. Wire and cable are submitted to a 30 s application of flame.

4.1.7.4 Repeatability and reproducibility

No data are known to be available.

4.1.7.5 Relevance of test data

These test methods are used for the preselection of materials, quality control and product evaluation in the aviation industry in the USA.

4.1.8 Horizontal burning rate for road vehicle materials – ISO 3795 [20].

4.1.8.1 Purpose and principle

This test method determines the horizontal burning rate of materials used in the occupant compartment of road vehicles, after exposure to a small flame. It is used to determine if the flame extinguishes, and the time required for the flame to travel a measured distance.

The standard includes the requirement for compliance.

4.1.8.2 Test specimen

The test specimen size is 356 mm × 100 mm × d mm. The thickness d corresponds to the thickness of the product to be tested but shall be not more than 13 mm.

4.1.8.3 Test method

During the test, at least five test specimens are tested horizontally in a special combustion chamber, mounted in a defined test specimen holder. The gas burner is a 9,5 mm Bunsen burner. The flame height is 38 mm and the burner top is 19 mm below the bottom edge of the test specimen. The burning rate, B , in mm/min, is measured.

A test specimen is held in a U-shaped holder and is exposed to the action of a defined low-energy flame for 15 s in a combustion chamber, with the flame acting on the free end of the test specimen.

4.1.8.4 Repeatability and reproducibility

No data are known to be available.

4.1.8.5 Relevance of test data

Most automotive manufacturers require this test for interior materials.

4.2 Large-scale burning tests

4.2.1 General

Many large-scale tests are in use all around the world, especially for dealing with the fire behaviour of cables. A non-exhaustive list, covering the IEC methods and a selection of similar non-IEC methods, is presented here.

4.2.2 Vertical burning tests for cables (ladder tests)

4.2.2.1 General

Several national and international standards are based on this method – see Clause 4.2.1.6 and references [21] to [26].

4.2.2.2 Purpose and principle

These methods are used to assess the surface spread of flame of vertically mounted cables.

Cables are mounted vertically on a ladder and ignited with a gas burner or an electrical oven. The flame spread, melt and/or char length are measured. Other parameters may also be measured.

4.2.2.3 Test specimens

The test specimens are lengths of power, communication or optical fibre cables.

4.2.2.4 Test method

The test specimens, in the appropriate configuration, are ignited by a propane gas burner or an electrical oven placed near the bottom of the vertical cable ladder. Depending on the test method chosen, various parameters are measured including visual flame spread, melt and/or char length.

In the EN 50399 test [26], vertical flame spread is measured by a method similar to IEC 60332-3. In addition, heat release and smoke production (both rate and total) are measured in the exhaust duct fitted above the test chamber, and these data can be obtained in relation to the flame spread of the specimen.

4.2.2.5 Repeatability and reproducibility

The repeatability and reproducibility of EN 50399 has been reported by CENELEC [27] and by SP [28]. A round-robin evaluation of the ASTM D5537 test method was initiated by ASTM committee D09 on Electrical and Electronic Insulation, but was not completed.

4.2.2.6 Relevance of test data

These methods are used for determining flame spread or char length (which is used to represent flame spread) in several countries. In some tests other data are obtained such as smoke production and heat release rate.

NOTE 1 Some of the data from these tests may be used as input to evaluate the contribution to the overall fire hazard, and for research and product development.

NOTE 2 The FIPEC (Fire Performance of Electric Cables) research programme [29] showed that protocols based on modified IEC 60332-3 procedures correlated well with real-scale fire test behaviour. EN 50399 was developed from the FIPEC research.

4.2.2.7 Relevant standards

A summary and comparison of IEC vertical ladder test methods is given in Table 1. A summary and comparison of non-IEC vertical ladder test methods is given in Table 2.

NOTE Technical report, IEC 62222, concerns the fire performance of communication cables in buildings. Vertical ladder flame spread is one of the fire parameters that is discussed [39].

4.2.3 Vertical burning test for cables – NF C 32-070 [40]

4.2.3.1 Purpose and principle

This test is used to assess the fire reaction of an insulated conductor or cable. The extent of degradation of a vertical test specimen is measured. The test specimen is exposed to a prescribed thermal environment from an electric furnace in a ventilated chamber, with a pilot flame.

4.2.3.2 Test specimen

Depending on the diameter of the core or cable tested, each test specimen consists of one or more pieces of core or cable, the length shall not be less than 1600 mm.

The test specimen consists of length(s) of core, power, communication or optical fibre cables.

4.2.3.3 Test method

The test is carried out in a glazed chamber. Ventilation through the chamber is by means of an extractor fan mounted axially in the roof of the chamber and two slots in the base of the side walls. The extractor system is calibrated to obtain a flow rate of 120 mm/min $\pm$ 10 mm/min through the core of the furnace. Two propane burners are used to ignite any flammable fire effluents.

The electric furnace is calibrated to obtain a temperature rate of change of $3,3 \text{ K}\cdot\text{s}^{-1} \pm 0,1 \text{ K}\cdot\text{s}^{-1}$ within a pure copper cylinder, 50 mm long and 25 mm in diameter.

The test specimen is held under tension by means of two sleeve fasteners. The pilot flames are ignited and the electric furnace is brought into the test position and the extractor system is switched on.

After 10 min the ventilation is switched off for 1 min and then switched on again. After a total of 30 min, the electric furnace is turned off. The pilot flames are extinguished and time is allowed for the test specimen to be extinguished if necessary. The damaged length of the test specimen is then recorded.

Table 1 – Summary and comparison of IEC 60332 vertical ladder test methods [21] ^{a)}

	Part 3-21 (Category A F/R)	Part 3-22 (Category A)	Part 3-23 (Category B)	Part 3-24 (Category C)	Part 3-25 (Category D)
Burner power	20,5 kW	20,5 kW or 40,9 kW	20,5 kW		
Flame application time	40 min			20 min	
Max. test duration	1 hour				
Alternate source	No				
Burner placement	600 mm above the base, 75 mm from the test specimen surface, in front				
Angle of burner	Horizontal				
Ladder length	3,5 m				
Ladder width	0,5 m	0,5 m or 0,8 m	0,5 m		
Test specimen length	At least 3,5 m				
Width of test specimen & mounting techniques	0,3 m max.	0,3 m max. or 0,6 m max.	0,3 m max.		
Cable loading [NMV] ^{b)}	7 litres/m		3,5 litres/m	1,5 litres/m	0,5 litres/m
Cables to be bundled	No				
Cables to be spaced	Yes	Yes, if cables have at least one conductor with a cross-sectional area exceeding 35 mm ² . Otherwise no.			
Test enclosure specified	Yes				
Required air flow rate	5000 litres/min				
Test runs needed	1				
Recommended maximum char length from bottom	2,5 m				
a) The apparatus is defined in IEC 60332-3-10					
b) "NMV" is non-metallic volume					

NOTE 1 The different categories are not necessarily related to different safety levels in actual cable installations. Category A F/R is intended for special cable designs used in particular installations. Categories A, B, C and D are for general use where different non-metallic volumes are applicable.

NOTE 2 The corresponding EN standards are EN 60332-3-10, EN 60332-3-21, EN 60332-3-22, EN 60332-3-23, EN 60332-3-24, and EN 60332-3-25.

NOTE 3 EN 50305:2002 [30], Subclause 9.1.1 specifies a test method that is the same as IEC 60332-3-25 for cables with a diameter greater than 6 mm but less than 12 mm. EN 50305:2002, Subclause 9.1.2 specifies a test method that is the same as IEC 60332-3-25 for cables with a diameter not greater than 6 mm, but bundles of cables are used to prepare the test specimen array.

Table 2 – Summary and comparison of non-IEC vertical ladder test methods

	IEEE 383 [31]	IECA T-29-520 [32]	CSA-FT4 [33]	IEEE 1202 [34]	ASTM D 5537 Protocol A [35] UL 1685 [36] UL Protocol (a)*	ASTM D 5537 Protocol B [35] UL 1685 [36] CSA Protocol (a)	CEI 20-22/2 [38]	EN 50399 [26]
Burner power in kW (approx.)	21	62	21	21	21	21	30 (b)	20,5 or 30,0
Flame application time in min	20	20	20	20	20	20	60 (c), (d)	20
Alternate source	Oily rag	No	No	No	No	No	No	No
Burner placement (e)	610 mm 76 mm in back	300 mm 200 mm in back	300 mm 75 mm in front	305 mm 76 mm in front	457 mm 76 mm in back	457 mm 76 mm in front	200 mm 50 mm front and rear (d)	600 mm 75 mm in front
Angle of burner	Horizontal	Horizontal	20° up	20° up	Horizontal	20° up	Horizontal	Horizontal
Ladder length in m	2,44	2,44	3,0	3,0	2,44	2,44	4,5	3,5
Ladder width in m	0,305	0,305	0,3	0,305	0,305	0,3	0,5	0,5
Test specimen length in m	2,44	2,44	2,3	2,3	2,44	2,44	4,5	3,5
Width of test specimen in metres and mounting techniques	0,15 front only	0,15	0,25 front only	full front only	0,15 front only	0,25 front only	0,20 front and back	variable, but ~ 0,30 (k) front only
Cables to be bundled	No	No	If D < 13 mm	If D < 13 mm	No	If D < 13 mm	Mounted flush, with no spaces	If D ≤ 5 mm
Test enclosure specified	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Required air flow rate	Not applicable	Not applicable	> 0,17 m³/s	0,65 m³/s	0,65 m³/s	0,65 m³/s	0,167 m³/s	8000 dm³/min (0,133 m³/s)
Test runs needed	3	2	2	2 × 2 (f)	1	1	1	1
Maximum char length from bottom in m	2,44	2,44	1,786 (g), (h)	1,786 (g)	2,44 (UL) (i) No requirement (ASTM)	1,786 (UL) (g) No requirement (ASTM)	4,1	No requirement

- a) Both UL 1685 and ASTM D 5537 contain 2 test protocols. Protocol A of ASTM D 5537 is equivalent to the UL protocol of UL 1685, and protocol B of ASTM D 5537 is equivalent to the CSA protocol of UL 1685. Both tests are used to measure flame spread, heat release and smoke release. The same two test protocols are used in ASTM D 5424 [37] but for the measurement of flame spread and smoke obscuration only. ASTM fire test standards do not contain pass/fail criteria. When a cable is tested to UL 1685 and meets the flame spread, heat release and smoke release criteria it is classified as a "limited smoke" cable.
- b) Electrical oven, two radiant plates facing (500 mm × 500 mm), no flames.
- c) The mounting refers to the relevant section of IEC 60332-3.
- d) The ignition source is an electrical oven set at a minimum distance from the cable surface.
- e) Height above bottom, distance from test specimen surface.
- f) Two each on two different sizes of test specimens.
- g) The char length is measured from the horizontal height line of the burner.
- h) The CSA FT4 standard also contains pass/fail criteria for smoke obscuration as follows: peak smoke release rate not to exceed $0.40 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ and total smoke released not to exceed 150 m^2 , which yields a listing of ST 1.
- i) A cable that meets the flame spread criteria for UL 1685 (UL protocol) shown in the table will be classified as "limited smoke/UL" if it also meets the following pass/fail criteria for smoke obscuration: peak smoke release rate not to exceed $0.25 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ and total smoke released not to exceed 95 m^2 .
- j) EN 50399 is used to measure flame spread, heat release and smoke production.
- k) The width of the sample array is dependent on cable diameter and can be between 0,22 m and 0,32 m.

4.2.3.4 Repeatability and reproducibility

No data are known to be available.

4.2.3.5 Relevance of test data

This method is used to determine flame spread or char length (which is used to represent flame spread). Data from the test may be used for quality control, for product evaluation, and for research and product development.

4.2.4 Vertical burning test for riser cables – UL 1666 [41]

4.2.4.1 Purpose and principle

This method is used to evaluate flame between floors through a riser shaft.

Cables are mounted vertically and ignited by a gas burner. The flame spread is monitored visually and by temperature measurement to the next floor level.

4.2.4.2 Test specimen

The test specimens are lengths of power, communications or optical fibre cables.

4.2.4.3 Test method

The test specimens are mounted vertically in a simulated riser shaft and are ignited by a propane gas burner. The visual flame spread and temperature in the upper chamber are monitored. The duration of the test is 30 min.

4.2.4.4 Repeatability and reproducibility

No data are known to be available.

4.2.4.5 Relevance of test data

This method is used for determining the flame spread or temperature increase for regulatory purposes.

Data from this test may be used as input to evaluate the contribution to the overall fire hazard, and for research and product development.

4.2.5 Horizontal flame spread test for cables – EN 50289-4-11 and NFPA 262

4.2.5.1 General

A European and several national standards are based on this method; EN 50289-4-11 [42] and NFPA 262 [43].

4.2.5.2 Purpose and principle

This test method provides measurements of the surface spread of flame for wires and cables intended for use in horizontal concealed spaces.

The test specimens are ignited and the surface spread of flame is measured.

4.2.5.3 Test specimen

The test specimen consists of lengths of wires or cables.

4.2.5.4 Test method

The test specimens are laid side by side to form a single layer across the full width of a ladder and are ignited with a gas burner.

The surface spread of flame is determined by measuring the movement of the flame front through windows spaced at intervals.

The duration of the test is 20 min.

4.2.5.5 Repeatability and reproducibility

Interlaboratory evaluation tests of NFPA 262 have been conducted. Data from these tests are given in Annex C.

4.2.5.6 Relevance of test data

This test method is used for determining flame spread for regulatory purpose in Canada, United States and Mexico.

Data from these tests may be used as input to evaluate the contribution to the overall fire hazard, and for research and product development.

Annex A (informative)

Repeatability and reproducibility data – ISO 5658-2

An interlaboratory trial has been carried out in which replicate batches of six materials were tested. Selected results of this trial are given in Table A.1.

Table A.1 – Interlaboratory test data for ISO 5658-2

Material	Parameter ¹⁾	No. of laboratories	Mean <i>m</i>	Repeatability <i>r</i>	Reproducibility <i>R</i>
Poly (methyl methacrylate)	HSB	7	2,02	0,19	0,45
Birch-faced plywood	CIE	8	3,43	2,25	3,60
	HSB	8	1,90	0,51	0,70
Fire resistant plywood	CIE	8	11,30	5,17	6,19
	HSB	6	1,49	0,41	0,43
PVC-coated plasterboard	CIE	6	23,70	2,20	7,98
	HSB	6	2,73	1,18	1,71
Expanded polystyrene adhered to calcium silicate board	CIE	7	13,80	6,63	11,70
	HSB	7	8,63	2,77	4,86
Phenolic GRP	CIE	5	35,10	12,30	15,50
	HSB	5	11,15	4,57	8,53
¹⁾ HSB = Heat for sustained burning, and is expressed in units of MJ/m ² . CIE = Critical heat flux at extinguishment, and is expressed in units of kW/m ² .					

Annex B (informative)

Repeatability and reproducibility data – ISO 5658-4

The precision of the method was examined in an interlaboratory trial in 1997. Eleven laboratories from eight countries participated. Sixteen products were tested. Each product was tested with six replicates. The test results were analysed according to ISO 5725 [44]. Reproducibility and repeatability data for the time to ignition and the area of flame spread are given below in Table B.1.

Table B.1 – Reproducibility and repeatability data for ISO 5658-4

Parameter	Coefficient of variation	Range(%)	Average(%)
Time to ignition	Repeatability	12 to 46	26
	Reproducibility	28 to 133	59
Area of flame spread	Repeatability	0 to 36	17
	Reproducibility	0 to 61	31

Annex C (informative)

Repeatability and reproducibility data – NFPA 262

Interlaboratory tests were performed by five international laboratories [45].

In the test method the flame propagation is measured within 0,5 feet. ISO 5725 was used to determine the repeatability and reproducibility. The average value (m), repeatability (r), and reproducibility (R), were calculated for each of the cable test specimens.

Table C.1 – Repeatability and reproducibility data for NFPA 262

Flame propagation (ft)			
Cable	m	r	R
1	1,23	0,81	2,07
2	0,77	0,32	0,77
3	0,87	0,74	0,97
4	0,88	0,51	1,13
5	2,23	1,41	1,93
6	1,18	0,77	0,88

Bibliography

- [1] IEC 60695-11-10, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test method*.
- [2] IEC 60695-11-20, *Fire hazard testing – Part 11-20: Test flames – 500 W flame test methods*.
- [3] IEC 60332, *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions – Part 1-1: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable – Apparatus; Part 1-2: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable – Procedure for 1 kW pre-mixed flame; Part 1-3: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable – Procedure for determination of flaming droplets/particles*.
- [4] IEC 60332, *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions – Part 2-1: Test for vertical flame propagation for a single small insulated wire or cable – Apparatus; Part 2-2: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable – Procedure for diffusion flame*.
- [5] ISO 5658-2, *Reaction to fire tests – Spread of flame – Part 2: Lateral spread on building and transport products in vertical configuration*.
- [6] IMO Resolution A.653(16), *Recommendation on Improved Fire Test Procedures for Surface Flammability of Bulkhead, Ceiling and Deck Finish Materials*
- [7] ASTM E-1321, *Standard Test Method for Determining Material Ignition and Flame Spread Properties*.
- [8] ISO 5658-4, *Reaction to fire tests – Spread of flame – Part 4: Intermediate-scale test of vertical spread of flame with vertically oriented specimen*
- [9] ISO 12136:2011, *Reaction to Fire Tests – Measurement of Material Properties Using a Fire Propagation Apparatus*, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- [10] ASTM E2058 (2013), *Standard Test Methods for Measurement of Synthetic Polymer Material Flammability Using a Fire Propagation Apparatus (FPA)*, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.
- [11] Tewarson, A. and Khan, M.M., *Generation of Smoke from Electrical Cables*, Proceedings of the ASTM Symposium on Characterization and Toxicity of Smoke, Hasegawa, H.K. (Editor), ASTM STP 1082, pp 100-117, The American Society of Testing and Materials, Philadelphia, PA, 1988.
- [12] Tewarson, A. and Khan, M.M., *Fire Propagation Behavior of Electrical Cables*, 2nd International Symposium on Fire Safety Science, Hemisphere Publishing Corp., New York, NY, 1988.
- [13] Tewarson, A. and Khan, M.M., *Flame Propagation for Polymers in Cylindrical Configuration and Vertical Orientation*, 22nd International Symposium on Combustion, The Combustion Institute, Pittsburgh, PA, 1988.
- [14] Tewarson, A. and Khan, M.M., *A New Standard Test Method for Fire Propagation Behavior of Electrical Cables in Industrial and Commercial Occupancies*, Proceedings of the 5th International Fire Conference, Interflam, 1990.
- [15] Tewarson, A. and Khan, M.M., *A New Standard Test Method for the Quantification of Fire Propagation Behavior of Electrical Cables Using Factory Mutual Research Corporation's Small-Scale Flammability Apparatus*, Fire Technology, August 1992.
- [16] Khan, M.M., Bill, R.G. and Alpert, R.L., *Screening of plenum cables using a small-scale fire test protocol*, Fire and Materials, **30**, pp 65-76 (2006).

- [17] Boardman, D., Khan, M.M., *The Effectiveness of Coatings on the Flame Spread Behavior of Electric Cables*, Fire and Materials Conference 2013, January 2013.
- [18] Tewarson, A., Khan, M.M., Wu, P.K. and Bill, R.G., *Flammability Evaluation of Clean Room Polymeric Materials for the Semiconductor Industry*, Fire and Materials, 25, pp 31-42 (2001).
- [19] Federal Aviation Administration (FAA) *Aircraft Materials Fire Test Handbook – Chapter 14 – Test for Electrical Wire Used in Designated Fire Zones*, from FAR 25, Federal Aviation Regulations – Air worthiness standards – Part 25: Transport category – Airplanes (1965).
- [20] ISO 3795, *Road vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry – Determination of burning behaviour of interior materials*.
- [21] IEC 60332, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 3-10: Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Apparatus: Part 3-21: Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Category A F/R; Part 3-22: Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Category A; Part 3-23: Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Category B; Part 3-24: Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Category C; Part 3-25: Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Category D*.
- [22] Hoover, J.R., Caudill, L., Chapin, T., Clarke, F. B., *Full-Scale Fire Research on Concealed Space Communication Cables*, Interflam, page 295, Interscience Communications Limited, London, UK, 1993.
- [23] Fardell, P.J., Rogers, S., Colwell, R., Chitty, R., *Cable Fires in Concealed Space – A Full Scale Test Facility for Standards Development*, Interflam, page 305, Interscience Communications Limited, London, UK, 1993.
- [24] Caudill, L., Hoover, J. R., Chapin, T., Walnock, J., *Fire testing of Communication Cables*, FRCA, 1995.
- [25] Farneti, F., Vercellotti, U., *A critical assessment of IEC 332-3 (1992), the Italian standard CEI 20-22 (1987) and the requirements of E.E.C. Construction Product Directive from the fire propagation point of view*, JICABLE'95, Versailles, 1995.
- [26] EN 50399, *Common test methods for cables under fire conditions – Heat release and smoke production measurement on cables during flame spread test – Apparatus, procedures, results*.
- [27] CLC TC20/Sec1576/INF, prEN 50399 – Round-Robin evaluation, CENELEC, Brussels, June 2008.
- [28] CEMAC – *CE Marking of Cables*, Fire Technology SP Report 2010:27, ISBN 978-91-86319-65-6, ISSN 0284-5172, Borås 2010.
- [29] *Fire Performance of Electrical Cables, Final report on the European Commission SMT programme sponsored research project SMT4-CT96-2059*, Interscience Communications Limited 2000, ISBN 09532312 5 9.
- [30] EN 50305:2002, *Railway applications- Railway rolling stock cables having special fire performance – Test methods*.
- [31] IEEE 383, *Standard for Type test of Class IE Electric cables, Field Splices and Connections for Nuclear Power Generating stations – Part 2.5: Flame Tests*.
- [32] ICEA T-29-520, *Conducting Vertical Cable Tray Flame Test with Theoretical Heat Release Input Rate of 210,000 B.T.U./Hour*.
- [33] CSA C22.2 No. 0.3, *Test Methods for Electrical Wires and Cables*.

- [34] IEEE 1202, *Standard for Flame Testing of Cables for Use in Cable Trays in Industrial and Commercial Occupancies.*
- [35] ASTM D 5537, *Standard Test Method for Heat Release, Flame Spread, Smoke Obscuration, and Mass Loss Testing of Insulating Materials Contained in Electrical or Optical Fiber Cables when Burning in a Vertical Cable Tray Configuration.*
- [36] UL 1685: *UL Standard for Safety – Standard for Vertical-Tray Fire-Propagation and Smoke-Release Test for Electrical and Optical-Fibre Cables.*
- [37] ASTM D 5424, *Standard Test Method for Smoke Obscuration of Insulating Materials Contained in Electrical or Optical Fiber Cables when Burning in a Vertical Cable Tray Configuration.*
- [38] CEI 20-22/2, *Fire tests on electrical cables – Part 2: Fire propagation test.*
- [39] IEC/TR 62222, *Fire performance of communication cables installed in buildings.*
- [40] NF C 32-070, *Essai de classification des conducteurs et cables du point de vue de leur comportement au feu.*
- [41] UL 1666, *UL Standard for Safety – Standard Test for Flame Propagation Height of Electrical and Optical-Fibre Cables Installed Vertically in Shafts.*
- [42] EN 50289-4-11, *Communication cables. Specifications for test methods. Environmental test methods. A horizontal integrated fire test method.*
- [43] NFPA 262: *Standard Method of Test for Flame Travel and Smoke of Wires and Cables for Use in Air-Handling Spaces.*
- [44] ISO 5725, *Precision of test methods – Determination of repeatability and reproducibility for a standard test method by inter-laboratory tests.*
- [45] *International NFPA 262 Fire Test Harmonization Project*, The Fire Protection Research Foundation, Batterymarch Park, Quincy Mass. USA.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	33
INTRODUCTION.....	35
1 Domaine d'application	36
2 Références normatives	36
3 Termes et définitions	37
4 Résumé des méthodes d'essais publiées.....	41
4.1 Essais de combustion à petite échelle et échelle intermédiaire	41
4.1.1 Essai horizontal et essai vertical à la flamme de 50 W et de 500 W – CEI 60695-11-10 et CEI 60695-11-20	41
4.1.2 Essai de combustion vertical des câbles – CEI 60332-1 [3].....	42
4.1.3 Essai de combustion vertical des câbles – CEI 60332-2 [4].....	43
4.1.4 Propagation latérale des flammes sur les produits de bâtiment et de transport – ISO 5658-2 [5]	44
4.1.5 Essai à échelle intermédiaire de la propagation de la flamme verticale – ISO 5658-4 [8]	45
4.1.6 Appareillage de propagation du feu ISO 12136 [9]	45
4.1.7 Essai de combustion verticale pour les matériaux d'aéronefs – FAR 25 [19]	46
4.1.8 Vitesse de combustion horizontale pour les matériaux des véhicules routiers – ISO 3795 [20].	47
4.2 Essais de combustion à grande échelle	48
4.2.1 Généralités	48
4.2.2 Essais de combustion verticale pour câbles (essais à l'échelle)	48
4.2.3 Essai de combustion verticale des câbles – CEI 32-070 [40].....	49
4.2.4 Essai de combustion verticale des câbles de colonnes montantes – UL 1666 [41].....	53
4.2.5 Essai de propagation de la flamme horizontale des câbles – EN 50289-4-11 et NFPA 262	53
Annexe A (informative) Données de répétabilité et reproductibilité – ISO 5658-2	55
Annexe B (informative) Données de répétabilité et reproductibilité – ISO 5658-4	56
Annexe C (informative) Données de répétabilité et reproductibilité – NFPA 262	57
Bibliographie.....	58
Tableau 1 – Résumé et comparaison des méthodes d'essai à l'échelle verticale de la CEI 60332 [21] ^{a)}	50
Tableau 2 – Résumé et comparaison des méthodes d'essai à l'échelle verticale non CEI 51	
Tableau A.1 – Données d'essais interlaboratoires relatives à l'ISO 5658-2	55
Tableau B.1 – Données de reproductibilité et de répétabilité ISO 5658-4	56
Tableau C.1 – Données de répétabilité et reproductibilité pour la NFPA 262	57

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

**Partie 9-2: Propagation des flammes en surface –
Résumé et pertinence des méthodes d'essai**

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 60695-9-2 a été établie par le comité d'études 89 de la CEI: Essais relatifs aux risques du feu.

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

Cette première édition annule et remplace la deuxième édition de la CEI TS 60695-9-2 parue en 2005. Cette édition constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
89/1202/FDIS	89/1209/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.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60695, publiées sous le titre général *Essais relatifs aux risques du feu*, est disponible 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.

INTRODUCTION

Le risque d'incendie nécessite d'être pris en considération dans tout circuit électrique. L'objectif de la conception des composants, des circuits et des équipements, ainsi que le choix des matériaux, est de réduire la probabilité d'incendie, même dans l'éventualité d'une utilisation anormale prévisible, d'un dysfonctionnement ou d'une défaillance.

Les produits électrotechniques, essentiellement en tant que victimes d'incendie, peuvent néanmoins contribuer à l'incendie. Le danger d'incendie augmente lorsque la surface de combustion augmente, conduisant dans certains cas à un embrasement généralisé et à un feu pleinement développé. Il s'agit d'un scénario d'incendie typique dans les bâtiments. Il est, par conséquent, utile de mesurer la vitesse et l'étendue de la propagation de flammes en surface.

La présente partie de la CEI 60695-9 décrit les méthodes d'essais relatives à la propagation de flammes en surface couramment utilisées en vue d'évaluer les produits électrotechniques ou les matériaux utilisés dans les produits électrotechniques. Elle fait partie de la série CEI 60695-9 qui fournit les lignes directrices aux comités de produits souhaitant incorporer les méthodes d'essais de propagation de flammes en surface dans les normes de produits.

La présente norme internationale doit être utilisée conjointement avec la CEI 60695-9-1:2005.

La CEI 60695-9 comprend les parties suivantes:

- Partie 9-1: *Propagation des flammes en surface – Lignes directrices générales*
- Partie 9-2: *Propagation des flammes en surface – Résumé et pertinence des méthodes d'essai.*

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 9-2: Propagation des flammes en surface – Résumé et pertinence des méthodes d'essai

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60695 propose un résumé des normes d'essais publiées utilisées pour déterminer la propagation de flammes en surface des produits électrotechniques ou des matériaux dont ils sont constitués.

Elle représente l'état actuel de l'art des méthodes d'essai et, le cas échéant, elle comprend des observations particulières sur leur pertinence et leur utilisation.

La liste des méthodes d'essai ne doit pas être considérée comme exhaustive, et les méthodes d'essai qui n'ayant pas été élaborées par le CE 89 de la CEI ne doivent pas être considérées comme étant entérinées par le CE 89 de la CEI, sauf si cela est spécifiquement stipulé.

Ce résumé ne peut pas se substituer aux normes publiées, qui sont les seuls documents de référence valables.

Cette publication fondamentale de sécurité est destinée à être utilisée par les comités d'études pour l'établissement de leurs normes, conformément aux principes exposés dans le Guide CEI 104 et dans le Guide ISO/CEI 51.

L'une des responsabilités d'un comité d'études consiste, à utiliser les publications fondamentales de sécurité dans le cadre de l'élaboration de ses publications chaque fois qu'elles sont applicables. Les exigences, les méthodes d'essai ou les conditions d'essai indiquées dans la présente publication fondamentale de sécurité ne s'appliquent que si elles sont référencées ou incluses dans les publications appropriées.

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 60695-4:2005, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 4: Terminologie relative aux essais au feu pour les produits électrotechniques*

CEI 60695-9-1, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 9-1: Propagation des flammes en surface – Lignes directrices générales*

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

ISO/CEI Guide 51, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes*

ISO 13943: 2008, *Sécurité au feu – Vocabulaire*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 13943 et la CEI 60695-4, dont certains sont repris ci-dessous pour le confort de l'utilisateur, ainsi que les définitions supplémentaires suivantes, s'appliquent.

3.1

longueur brûlée

longueur maximale dans une direction spécifiée de la surface brûlée

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en mètres (m).

cf. **longueur endommagée** (3.6)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.31]

3.2

résidu charbonneux,

résidu carboné résultant d'une **pyrolyse** (3.26) ou d'une **combustion** (3.5) incomplète

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.38]

3.3

longueur carbonisée

longueur de la surface calcinée

voir **longueur brûlée** (3.1) et **longueur endommagée** (3.6)

Note 1 à l'article: Dans certaines normes, la longueur carbonisée est définie par une méthode d'essai spécifique.

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.40]

3.4

combustible, substantif

objet susceptible de donner lieu à une **combustion** (3.5)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.44]

3.5

combustion

réaction exothermique d'une substance avec un comburant

Note 1 à l'article: Cette combustion émet généralement des effluents du feu accompagnés de **flammes** (3.14) et/ou d'incandescence.

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.46]

3.6

longueur endommagée

longueur maximale dans une direction spécifiée de la surface endommagée

voir **longueur carbonisée** (3.3) et **longueur brûlée** (3.1)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.60]

3.7

étendue de la combustion

⟨électrotechnique⟩ longueur maximale de l'éprouvette d'essai qui a été détruite par **combustion** (3.5) ou **pyrolyse** (3.26), dans des conditions spécifiées, à l'exception de toute zone endommagée uniquement par déformation

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.91]

3.8

feu

⟨général⟩ processus de **combustion** (3.5) caractérisé par l'émission de chaleur et d'effluents du feu et accompagné généralement par de la fumée, des **flammes** (3.14), une incandescence ou par une combinaison de ces éléments

Note 1 à l'article: En anglais, le terme "fire" est utilisé pour désigner trois concepts, dont deux, **feu** (3.9) et **feu** (3.10), se rapportent à des types spécifiques de combustion auto-entretenu ayant des significations diverses, et deux d'entre eux sont désignés par deux termes différents, tant en français qu'en allemand.

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.96]

3.9

feu

⟨contrôlé⟩ **combustion** (3.5) auto-entretenu qui a été délibérément assurée pour produire des effets utiles et dont l'extension dans le temps et l'espace est contrôlée

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.97]

3.10

feu

⟨non contrôlé⟩ **combustion** (3.5) auto-entretenu qui n'a pas été délibérément assurée pour produire des effets utiles et dont l'extension dans le temps et l'espace n'est pas contrôlée

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.98]

3.11

danger d'incendie

objet physique ou condition susceptible d'entraîner des conséquences non souhaitables causées par un **incendie** (3.10)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.112]

3.12

ignifugeant, substantif

substance ajoutée ou traitement appliqué à un matériau pour retarder l'**allumage** (3.22) ou réduire la vitesse de **combustion** (3.5)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.123]

3.13

scénario d'incendie

description qualitative du déroulement d'un incendie (3.10) 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** (3.22) et de croissance du feu, le stade de **feu complètement développé** (3.20), le stade de déclin du feu, ainsi que l'environnement et les systèmes qui interviennent dans le déroulement de l'incendie.

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.129]

3.14**flamme**

zone dans laquelle il existe une propagation subsonique, auto-entretenu et rapide de la **combustion** (3.5) dans un milieu gazeux, généralement accompagnée d'une émission de lumière

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.133 – modifiée par l'addition de "zone"]

3.15**front de flammes**

limite de la zone de **combustion** (3.5) avec flammes à la surface d'un matériau ou de propagation dans un mélange gazeux

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4 136]

3.16**retardateur de flamme**, substantif

substance ajoutée ou traitement appliqué à un matériau pour supprimer ou retarder l'apparition d'une **flamme** (3.14) et/ou diminuer la **vitesse de propagation des flammes** (3.18)

NOTE à l'article L'emploi d'ignifugeants ne supprime pas nécessairement le **feu** (3.8) et ne met pas nécessairement un terme à la **combustion** (3.5)..

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.139]

3.17**propagation de flammes**

progression d'un **front de flammes** (3.15)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.142]

3.18**vitesse de propagation de flammes****vitesse de combustion (déconseillé)**

distance parcourue, par unité de temps, par un front de flammes (3.15) lors de sa propagation, dans des conditions spécifiées

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.143]

3.19**embrasement generalise flashover**

⟨stade d'incendie⟩ passage à un état impliquant dans un **incendie** (3.10) l'ensemble des surfaces des matériaux combustibles dans une enceinte

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.156]

3.20**feu pleinement développé**

état dans lequel l'ensemble des matériaux combustibles sont impliqués dans un **incendie** (3.8)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.164]

3.21**débit calorifique**

vitesse de combustion (déconseillé)

vitesse de combustion (déconseillé)

énergie calorifique produite par unité de temps par la combustion ()

NOTE à l'article Il est exprimé en watts (W).

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.177]

3.22

allumage

allumage persistant (déconseillé)

⟨général⟩ amorçage de la **combustion** (3.5)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.188, deuxième ligne modifiée]

3.23

source d'allumage

source d'énergie qui provoque une **combustion** (3.5)

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.189]

3.24

essai au feu à grande échelle

essai au feu qui ne peut pas être réalisé dans une pièce typique de laboratoire et qui est effectué sur une éprouvette d'essai de grandes dimensions

Note 1 à l'article: Un essai au feu effectué sur une éprouvette dont la dimension maximale est supérieure à 3 m est habituellement appelé essai à grande échelle.

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.205]

3.25

température d'allumage minimale

point d'allumage

température minimale à laquelle une **combustion** (3.5) persistante peut être provoquée dans des conditions d'essai spécifiées

Note 1 à l'article: La température minimale d'allumage implique l'application d'une contrainte thermique de durée infinie.

Note 2 à l'article: Elle est exprimée en degrés Celsius (°C).

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.231]

3.26

pyrolyse

décomposition chimique d'une substance provoquée par l'action de la chaleur

Note 1 à l'article: Le terme est souvent utilisé pour se référer à un stade du **feu** (3.8) avant que la **combustion** (3.5) avec flammes n'ait commencé.

Note 2 à l'article: En science du feu, aucune hypothèse n'est émise quant à la présence ou l'absence d'oxygène.

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.266]

3.27

front de pyrolyse

frontière entre la zone de **pyrolyse** (3.26) et la zone de la matière inaltérée à la surface du matériau

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.267]

3.28

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 à l'article Cet essai suppose que les produits sont utilisés suivant les conditions fixées par le prescripteur et/ou conformément à la pratique normale.

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.273]

3.29

câble de colonne montante

câble posé verticalement entre les étages d'un bâtiment

NOTE à l'article Le terme anglais "riser cable" est surtout utilisé en Amérique du Nord.

3.30

colonne montante

colonne prévue pour les équipements techniques entre les étages d'un bâtiment

NOTE à l'article Le terme anglais "riser cable" est surtout utilisé en Amérique du Nord.

3.31

essai au feu à petite échelle

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

NOTE 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 13943: 2008, définition 4.292]

3.32

propagation de flammes en surface

propagation de flammes (3.17) à partir d'une source éloignée d'**allumage** (3.22) sur la surface d'un liquide ou d'un solide

[SOURCE: ISO 13943: 2008, définition 4.317]

4 Résumé des méthodes d'essais publiées

4.1 Essais de combustion à petite échelle et échelle intermédiaire

4.1.1 Essai horizontal et essai vertical à la flamme de 50 W et de 500 W – CEI 60695-11-10 et CEI 60695-11-20

4.1.1.1 Généralités

CEI 60695-11-10 [1] ¹ correspond à un essai utilisant une flamme de 50 W. CEI 60695-11-20 [2] correspond à un essai utilisant une flamme de 500 W.

4.1.1.2 But et principe

Ces essais font référence aux matériaux isolants électriques solides et sont destinés à servir d'indication préliminaire de leur comportement lorsqu'ils sont exposés à une source d'allumage. Les résultats permettent de vérifier la constance des caractéristiques d'un matériau et fournissent une indication de la progression du développement du caractère ignifugeant des matériaux isolants. Les résultats fournissent également une classification et une comparaison relative des matériaux isolants.

4.1.1.3 Éprouvette d'essai

L'éprouvette d'essai relativement petite mesure 125 mm de long, 13 mm de large, et jusqu'à 13 mm d'épaisseur.

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

4.1.1.4 Méthode d'essai

Ces essais concernent l'application d'une source d'allumage à une éprouvette d'essai horizontale ou verticale et l'évaluation de la vitesse linéaire de combustion (classification HB) et de la propagation verticale de flammes (classification V).

4.1.1.5 Répétabilité et reproductibilité

Les données sont disponibles dans la CEI 60695-11-10 [1] Annexes A et B, et la CEI 60695-11-20 [2], Annexe A.

4.1.1.6 Pertinence des données d'essais

Ces méthodes d'essais sont utilisées pour évaluer les matériaux. Les méthodes d'essai fournissent des classifications susceptibles d'être utilisées pour l'assurance qualité, la présélection de matériaux des composants de produits, ou en vue de vérifier la classification d'inflammabilité minimale des matériaux utilisés dans les produits finaux. Les essais ne sont pas valables pour déterminer le comportement au feu et le danger d'incendie d'objets complets, étant donné que les dimensions des systèmes d'isolation, la conception et le transfert thermique aux parties métalliques adjacentes, influent considérablement sur l'inflammabilité des matériaux isolants électriques utilisés.

4.1.2 Essai de combustion vertical des câbles – CEI 60332-1 [3]

4.1.2.1 But et principe

Cette méthode d'essai spécifie une méthode d'essai de conducteur ou de câble vertical ou encore de câble optique soumis au feu. La Partie 1-1 définit l'appareillage d'essai. La Partie 1-2 définit la procédure. La longueur carbonisée d'une éprouvette d'essai verticale, exposée à une flamme à prémélange de 1 kW dans une enceinte appropriée, est mesurée. La norme inclut, dans une annexe informative, les exigences recommandées liées à la conformité d'utilisation dans le cas où celles-ci ne sont pas fournies dans la norme de produit pour les câbles. La Partie 1-3 constitue une procédure pour la détermination des particules/gouttelettes enflammées.

La méthode spécifiée ne convient ni pour l'essai de petits monoconducteurs ou câbles isolés de section totale inférieure à 0,5 mm², car le conducteur fond avant que l'essai ne soit accompli, ni pour l'essai de petits câbles à fibres optiques car le câble se rompt avant que l'essai ne soit complètement accompli – voir 4.1.3.

NOTE Les normes EN correspondantes sont les EN 60332-1-1, EN 60332-1-2 et EN 60332-1-3.

4.1.2.2 Éprouvette d'essai

L'éprouvette d'essai est constituée d'un échantillon de conducteur ou de câble terminé de 600 mm ± 25 mm de long.

4.1.2.3 Méthode d'essai

L'éprouvette d'essai est maintenue en position verticale au moyen de deux bras supports à l'intérieur d'un écran métallique à trois côtés. Un brûleur étalonné est utilisé pour enflammer l'éprouvette d'essai. Sa flamme est appliquée en continu pendant une période de temps liée au diamètre extérieur de l'éprouvette d'essai. La longueur endommagée de l'éprouvette d'essai est ensuite notée.

4.1.2.4 Répétabilité et reproductibilité

Il n'existe pas de données connues disponibles.

4.1.2.5 Pertinence des données d'essais

Cette méthode est utilisée en vue de déterminer l'étendue de la combustion verticale d'un conducteur ou câble terminé en mesurant la longueur carbonisée.

L'utilisation du conducteur ou du câble isolé, à même de retarder la propagation des flammes, et conforme aux exigences de la présente norme, ne peut pas supposée en soi empêcher la propagation de l'incendie dans toutes les conditions d'installation. À titre d'exemple de telles conditions on peut citer les deux suivantes:

- a) parcours verticaux de câbles en faisceaux
- b) sources d'allumage potentielles susceptibles d'imposer un environnement thermique plus intense que celui prévu par la méthode d'essai.

Dès que le risque de propagation est élevé, il est recommandé de prendre des précautions particulières d'installation.

4.1.3 Essai de combustion vertical des câbles – CEI 60332-2 [4]

4.1.3.1 But et principe

Cette méthode d'essai spécifie une méthode d'essai d'un conducteur isolé de petite section soumis au feu, lorsque la méthode spécifiée dans l'essai de combustion verticale de la CEI 60332-1 n'est pas appropriée – voir 4.1.2.1. La Partie 2-1 définit l'appareillage d'essai. La Partie 2-2 définit la procédure. La longueur carbonisée d'une éprouvette d'essai verticale, exposée à une flamme de type à diffusion de longueur $125 \text{ mm} \pm 25 \text{ mm}$ dans une enceinte à l'abri des courants d'air, est mesurée. La norme inclut, dans une annexe informative, les exigences recommandées liées à la conformité d'utilisation dans le cas où celles-ci ne sont pas fournies dans la norme de produit pour les câbles.

NOTE Les normes EN correspondantes sont l'EN 60332-2-1 et l'EN 60332-2-2.

4.1.3.2 Éprouvette d'essai

L'éprouvette d'essai est constituée d'un échantillon de conducteur ou de câble terminé en cuivre ou de câble optique, de $600 \text{ mm} \pm 25 \text{ mm}$ de long.

4.1.3.3 Méthode d'essai

L'éprouvette d'essai est maintenue en position verticale au moyen de deux bras supports à l'intérieur d'un écran métallique à trois côtés. Une charge de 5 N par mm^2 de section de conducteur est attachée à la partie inférieure de l'éprouvette d'essai. Un brûleur étalonné est utilisé pour enflammer l'éprouvette d'essai. Sa flamme est appliquée en continu pendant une durée maximale de 20 s. La longueur endommagée de l'éprouvette d'essai est ensuite notée.

4.1.3.4 Répétabilité et reproductibilité

Il n'existe pas de données connues disponibles.

4.1.3.5 Pertinence des données d'essais

Cette méthode est utilisée en vue de déterminer l'étendue de la combustion en mesurant la longueur carbonisée.

Étant donné que l'utilisation du conducteur ou du câble isolé ou encore du câble optique, à même de retarder la propagation des flammes, et conforme aux exigences de la présente norme, n'est pas suffisante en soi empêcher la propagation de l'incendie dans toutes les conditions d'installation, dès que le risque de propagation est élevé, par exemple dans les

longs parcours verticaux de câbles en faisceaux, il convient de prendre des précautions particulières d'installation. On ne peut pas prendre pour hypothèse, du fait que l'éprouvette d'essai de câble étant conforme à la performance exigée dans la présente norme, des câbles en faisceaux se comporteront d'une manière similaire.

4.1.4 Propagation latérale des flammes sur les produits de bâtiment et de transport – ISO 5658-2 [5]

4.1.4.1 But et principe

Cet essai fournit une méthode simple par laquelle la propagation latérale de flammes sur une éprouvette d'essai verticale peut être déterminée à des fins de comparaison. L'essai fournit des données permettant de comparer la performance de matériaux essentiellement plats, composites ou ensembles, qui sont principalement utilisés pour les surfaces exposées de parois dans les bâtiments et les véhicules de transport, tels que navires et trains. Certains produits profilés (tels que des tuyaux) peuvent être également soumis à l'essai dans des conditions spécifiées de montage et de fixation.

NOTE L'essai a été élaboré à partir de la méthode émanant de l'Organisation Maritime Internationale (OMI) et publiée en tant que Résolution OMI A.653 [6].

4.1.4.2 Éprouvette d'essai

Les éprouvettes d'essai sont de 800 mm de long par 155 mm de large. Les produits dont l'épaisseur est inférieure ou égale à 70 mm sont soumis à essai en utilisant leur pleine épaisseur. Pour les produits dont l'épaisseur est supérieure à 70 mm, la face non exposée est sectionnée, en vue de réduire l'épaisseur à 70 mm.

4.1.4.3 Méthode d'essai

La méthode d'essai consiste à exposer les éprouvettes d'essai conditionnées à un champ de flux énergétique bien défini et à mesurer le temps avant allumage, la propagation latérale de la flamme, et son extinction finale. Une éprouvette d'essai est placée en position verticale adjacente à un panneau radiant fonctionnant au gaz. Une flamme pilote est située à proximité de l'extrémité chaude de l'éprouvette d'essai pour enflammer les gaz volatils. À la suite de l'allumage, tout front de flammes qui se développe est noté, et un enregistrement est effectué de la progression du front de flammes horizontalement le long de l'éprouvette d'essai. Les résultats sont exprimés en flux de chaleur critique à l'extinction et chaleur moyenne lors de la combustion persistante.

4.1.4.4 Répétabilité et reproductibilité

Les données obtenues lors d'un essai interlaboratoires figurent dans l'Annexe A.

4.1.4.5 Pertinence des données d'essais

L'essai est applicable à la mesure et à la description des propriétés des matériaux, produits ou ensembles en réponse à la chaleur radiative en présence d'une flamme pilote dans des conditions contrôlées de laboratoire. L'essai ne concerne qu'une simple représentation d'un aspect particulier de la situation potentielle d'incendie caractérisée par une source de chaleur radiative et une flamme; il ne peut à lui seul fournir de lignes directrices directes sur le comportement ou la sécurité lors d'un incendie. L'essai est particulièrement utile à des fins de recherches, développement et contrôle de la qualité. Les éprouvettes profilées telles que câbles et tuyaux peuvent être soumises à essai à l'aide de cette méthode d'essai.

NOTE Le même appareillage d'essai est utilisé pour les procédures décrites dans l'ASTM E-1321 [7] qui prévoit une méthode plus scientifiquement détaillée par laquelle peuvent être déterminés les paramètres d'allumabilité et de propagation de flammes des matériaux. Les données déduites de cet essai sont appropriées pour être utilisées en tant que valeurs d'entrée dans les calculs d'ingénierie de la sécurité incendie.

4.1.5 Essai à échelle intermédiaire de la propagation de la flamme verticale – ISO 5658-4 [8]

4.1.5.1 But et principe

Cette méthode d'essai consiste à exposer la partie inférieure d'une éprouvette d'essai conditionnée, orientée verticalement à un seul champ de flux énergétique bien défini (maximum $40 \text{ kW} \times \text{m}^{-2}$) et à mesurer le temps avant allumage, la propagation verticale et horizontale de flammes, et le cas échéant, à observer d'autres effets de propagation du feu, tels que des gouttes ou débris enflammés et la propagation latérale. Une veilleuse à jet parallèle est placée au-dessus de la zone de rayonnement de l'éprouvette d'essai pour enflammer les gaz volatils.

4.1.5.2 Éprouvette d'essai

Les éprouvettes d'essais sont représentatives du produit et mesurent 1 525 mm de long par 1 025 mm de large. L'éprouvette est montée dans un support sur un chariot support dont le bord long est à la verticale et le côté court à l'horizontale.

4.1.5.3 Méthode d'essai

L'éprouvette d'essai comporte des marquages de lignes de référence (verticales et horizontales). Lorsque le panneau rayonnant a atteint l'équilibre thermique, le brûleur pilote est allumé et le chariot est déplacé pour être en position d'essai. Le temps d'allumage est enregistré, ainsi que tout autre effet de flammes. Les temps d'arrivée de toute flamme persistante au niveau des lignes de référence sur l'éprouvette d'essai et sur les bords de celle-ci sont enregistrés. Le temps d'essai est de 30 min maximum. La zone brûlée et le type de dommage sont enregistrés.

4.1.5.4 Répétabilité et reproductibilité

Les données obtenues lors d'un essai interlaboratoires figurent dans l'Annexe B.

4.1.5.5 Pertinence des données d'essais

Cet essai spécifie la méthode à échelle intermédiaire pour mesurer la propagation verticale (ascendante et descendante) de flamme sur une éprouvette d'essai d'un produit orienté en position verticale. Il est également possible d'obtenir une mesure de la propagation latérale. L'essai fournit des données permettant de comparer la performance de matériaux, composites ou ensembles, qui sont utilisés pour les surfaces exposées de parois ou autres produits orientés verticalement utilisés dans la construction. La source de chaleur peut être considérée comme représentant un objet de combustion, tel qu'une corbeille à papier ou une chaise rembourrée à l'intérieur d'une enceinte, et ce scénario est généralement susceptible de s'appliquer au cours du stade initial de développement d'un incendie.

4.1.6 Appareillage de propagation du feu ISO 12136 [9]

4.1.6.1 But et principe

L'ISO 12136 fournit des méthodes d'essais en vue de déterminer et de quantifier les caractéristiques d'inflammabilité des matériaux, par rapport à leur propension à entretenir la propagation du feu, ce au moyen d'un appareillage de propagation du feu (FPA, *Fire Propagation Apparatus*).

Les caractéristiques d'inflammabilité des matériaux qui sont quantifiées dans la présente norme internationale incluent le temps avant allumage, les débits calorifiques chimiques et convectifs, la vitesse de perte de masse, la chaleur effective de combustion, la chaleur de gazéification et le rendement de fumée. Ces propriétés peuvent être utilisées pour l'ingénierie de la sécurité incendie et pour la modélisation de feu.

4.1.6.2 Appareillage d'essai

Voir l'ISO 12136 [9] et l'ASTM E2058 [10].

4.1.6.3 Éprouvette d'essai

Les éprouvettes d'essai carrées sont de dimensions égales à 102 mm x 102 mm et sont montées dans un support carré. Les éprouvettes d'essai circulaires sont de diamètre égal à 96,5 mm et sont montées dans un support circulaire. L'épaisseur des éprouvettes d'essai est comprise entre 3 mm et 25,4 mm. Pour l'essai de propagation au feu vertical, l'éprouvette d'essai possède une largeur de 102 mm et une longueur de 305 mm et est montée dans un support d'éprouvette d'essai vertical.

4.1.6.4 Méthodes d'essais et résultats d'essais

Les quatre méthodes d'essais données dans la présente norme internationale sont fondées sur les mesures du temps avant l'allumage observé, de la vitesse de perte de masse, du débit calorifique et de la vitesse de production de fumée. Les essais sont réalisés au moyen d'un calorimètre de laboratoire connu sous le nom d'appareillage de propagation du feu par lequel la source de chaleur est isolée de l'éprouvette d'essai. Les méthodes d'essai sont destinées à produire les mesures des propriétés d'inflammabilité qui caractériseront le comportement au feu au cours des essais au feu à l'échelle de référence.

Les méthodes d'essais d'allumage, de combustion ou de propagation du feu, ou bien une combinaison de celles-ci, ont été réalisées avec des matériaux et des produits contenant une gamme étendue de compositions et structures polymères, y compris les produits électrotechniques, les matériaux pour produits électrotechniques et les câbles électriques [11] à [18].

La caractéristique unique de la méthode d'essai de la propagation au feu est qu'elle produit des mesures en laboratoire du débit calorifique chimique au cours de la propagation du feu et de la combustion ascensionnelles (à partir de la propre flamme d'un matériau après déclenchement par un flux rayonné externe) sur une éprouvette d'essai verticale dans l'air normal, l'air enrichi d'oxygène, ou dans l'air vicié par l'oxygène.

Ces méthodes d'essais sont destinées à l'évaluation des caractéristiques spécifiques d'inflammabilité des matériaux. Les matériaux à analyser sont constitués en éprouvettes d'un produit d'utilisation finale ou de divers composants utilisés dans le produit d'utilisation finale. Les résultats des méthodes d'essais fournissent des données d'entrée pour les modèles de propagation de flammes et de croissance du feu, les études d'analyse des risques, les conceptions de bâtiments et de produits, et la recherche et le développement relatifs aux matériaux.

La présente norme internationale peut être utilisée pour mesurer et décrire la réponse des matériaux, des produits ou des assemblages, lorsqu'ils sont exposés à la chaleur et à la flamme dans des conditions contrôlées, mais elle n'incorpore pas en soi tous les facteurs exigés concernant l'évaluation du danger d'incendie ou du risque d'incendie des matériaux, des produits ou des assemblages, dans des conditions réelles d'incendie.

4.1.7 Essai de combustion verticale pour les matériaux d'aéronefs – FAR 25 [19]

4.1.7.1 But et principe

Les exigences relatives aux composants du système électrique figurent dans le FAR 25.869 (a). L'isolation sur les fils électriques et câbles électriques installés dans toute zone d'un fuselage d'avion doit être auto-extinguible lorsqu'elle est soumise à l'essai au bec Bunsen à 60° décrit dans la Partie I, (b), (7) de l'Annexe F du FAR 25.

Les exigences relatives aux matériaux et pièces utilisés dans les compartiments d'équipage et de passagers figurent dans le FAR 25.853. Le conduit électrique doit être auto-extinguible lorsqu'il est soumis à l'essai au bec Bunsen à 60° à la verticale décrit dans la Partie I, (b), (4) de l'Annexe F du FAR 25.

4.1.7.2 Éprouvette d'essai

L'éprouvette pour l'essai au bec Bunsen à la verticale mesure au minimum 50 mm de large et 30,5 mm de long, sauf dans le cas où la taille réelle utilisée dans l'avion est inférieure. L'épaisseur de l'éprouvette d'essai est inférieure ou égale à l'épaisseur minimale utilisable dans un avion.

L'éprouvette pour l'essai au bec Bunsen à 60° correspond à un segment de fil ou de câble. Le calibre est le même que celui utilisé dans l'avion.

4.1.7.3 Méthode d'essai

Ces essais donnent lieu à l'application d'une source d'allumage à une éprouvette d'essai verticale ou à 60°. La durée de flamme, la longueur brûlée, et la durée d'inflammation de gouttes, le cas échéant, sont mesurées ou consignées.

Les conduits électriques sont soumis à une application de flamme pendant 12 s. Les fils et câbles sont soumis à une application de flamme pendant 30 s.

4.1.7.4 Répétabilité et reproductibilité

Il n'existe pas de données connues disponibles.

4.1.7.5 Pertinence des données d'essais

Ces méthodes d'essai sont utilisées pour la présélection de matériaux, le contrôle de la qualité et l'évaluation de produits dans l'industrie de l'aviation aux USA.

4.1.8 Vitesse de combustion horizontale pour les matériaux des véhicules routiers – ISO 3795 [20].

4.1.8.1 But et principe

Cette méthode d'essai détermine la vitesse de combustion horizontale des matériaux utilisés dans le compartiment des occupants des véhicules routiers, après exposition à une petite flamme. Elle est utilisée pour déterminer si la flamme s'éteint, et le temps nécessaire pour que la flamme parcoure une distance mesurée.

La norme comprend l'exigence de conformité.

4.1.8.2 Éprouvette d'essai

La taille de l'éprouvette d'essai est égale à 356 mm × 100 mm × d mm. L'épaisseur d correspond à l'épaisseur du produit en essai, mais ne doit pas être supérieure à 13 mm.

4.1.8.3 Méthode d'essai

Pendant l'essai, cinq éprouvettes d'essai au moins sont soumises à l'essai à l'horizontale dans une enceinte de combustion spéciale, montée dans un support d'éprouvette d'essai défini. Le brûleur à gaz est un bec Bunsen de 9,5 mm. La hauteur de la flamme est égale à 38 mm et la partie supérieure du brûleur est à 19 mm au dessous du bord inférieur de l'éprouvette d'essai. la vitesse de combustion, B , exprimée en mm/min, est mesurée.

Une éprouvette d'essai est maintenue dans un support en forme de U et est exposée à l'action d'une flamme définie de faible énergie durant 15 s, dans une chambre de combustion, la flamme agissant sur l'extrémité libre de l'éprouvette.

4.1.8.4 Répétabilité et reproductibilité

Il n'existe pas de données connues disponibles.

4.1.8.5 Pertinence des données d'essais

La plupart des fabricants d'automobiles exigent cet essai pour les matériaux intérieurs.

4.2 Essais de combustion à grande échelle

4.2.1 Généralités

De nombreux essais à grande échelle sont utilisés partout dans le monde, en particulier pour ce qui concerne le comportement au feu des câbles. Une liste non exhaustive, englobant les méthodes CEI et une sélection de méthodes non CEI similaires, est ici présentée.

4.2.2 Essais de combustion verticale pour câbles (essais à l'échelle)

4.2.2.1 Généralités

Plusieurs normes nationales et internationales sont fondées sur cette méthode – voir 4.2.1.6 et les références [21] à [26].

4.2.2.2 But et principe

Ces méthodes sont utilisées pour évaluer la propagation des flammes en surface des câbles montés verticalement.

Les câbles sont montés à la verticale sur une échelle et allumés avec un brûleur à gaz ou un four électrique. La propagation de flammes, la longueur fondue et/ou carbonisée sont mesurées. D'autres paramètres peuvent également être mesurés.

4.2.2.3 Éprouvette d'essai

Les éprouvettes d'essais correspondent à des longueurs de câbles de puissance, de communications ou à fibres optiques.

4.2.2.4 Méthode d'essai

Les éprouvettes d'essais, dans la configuration appropriée, sont allumées par un brûleur au gaz propane ou un four électrique placé près de la partie inférieure de l'échelle à câbles verticale. En fonction de la méthode d'essai choisie, divers paramètres sont mesurés y compris, d'un point de vue visuel, la propagation de flamme, la longueur fondue et/ou carbonisée.

Dans l'essai selon l'EN 50399 [26], la propagation verticale de la flamme est mesurée à l'aide d'une méthode similaire à celle stipulée dans la CEI 60332-3. De plus, le dégagement de chaleur et la production de fumée (valeurs respectives de débit/vitesse et valeur totale) sont mesurés dans le conduit d'évacuation installé au-dessus de l'enceinte d'essai et ces données peuvent être obtenues en liaison avec la propagation de flammes de l'éprouvette.

4.2.2.5 Répétabilité et reproductibilité

La répétabilité et la reproductibilité de l'EN 50399 ont fait l'objet d'un document CENELEC [27] et d'un rapport SP [28]. Une évaluation comparative interlaboratoires de la

méthode d'essais ASTM D5537 a été lancée par le comité D09 de l'ASTM sur l'Isolation Électrique et Électronique, mais n'a pas été achevée.

4.2.2.6 Pertinence des données d'essais

Ces méthodes sont utilisées pour déterminer la propagation de flammes ou la longueur carbonisée (qui est utilisée pour représenter la propagation de flammes) dans plusieurs pays. Dans certains essais, d'autres données sont obtenues telles que le taux de dégagement de fumée et le débit calorifique.

NOTE 1 Certaines des données issues de ces essais peuvent être utilisées comme valeurs d'entrées pour évaluer leur contribution au danger d'incendie d'un point de vue général, et à des fins de recherches et de développement de produits.

NOTE 2 Le programme de recherches FIPEC (Fire Performance of Electric Cables: Tenue au feu des câbles électriques) [29] a démontré que les protocoles fondés sur les procédures CEI 60332-3 modifiées, présentaient une bonne corrélation avec le comportement à l'essai au feu en grandeur réelle. L'EN 50399 a été élaborée à partir des recherches FIPEC.

4.2.2.7 Normes correspondantes

Un résumé et une comparaison des méthodes d'essais CEI à l'échelle verticale figurent dans la Tableau 1. Un résumé et une comparaison des méthodes d'essais non CEI à l'échelle verticale figurent dans la Tableau 2.

NOTE La CEI/TR 62222, concerne la tenue au feu des câbles de communications installés dans les bâtiments. La propagation de flammes sur l'échelle verticale est un des paramètres caractéristiques d'incendie faisant l'objet d'examen [39].

4.2.3 Essai de combustion verticale des câbles – CEI 32-070 [40]

4.2.3.1 But et principe

Cet essai a pour objet d'évaluer la réaction au feu d'un câble ou d'un conducteur isolé. L'étendue de dégradation d'une éprouvette d'essai verticale est mesurée. L'éprouvette d'essai est exposée à l'environnement thermique prescrit d'un four électrique dans une enceinte ventilée, comportant une flamme pilote.

4.2.3.2 Éprouvette d'essai

En fonction du diamètre du conducteur isolé ou du câble en essai, chaque éprouvette d'essai est constituée d'un ou plusieurs échantillons de conducteurs isolés ou câbles, dont la longueur doit être supérieure ou égale à 1 600 mm.

Les éprouvettes d'essais sont constituées d'une (de) longueur(s) de conducteurs, de câbles de puissance, de communications ou de câbles à fibres optiques.

4.2.3.3 Méthode d'essai

L'essai est effectué dans une enceinte vitrée. La ventilation à travers l'enceinte est réalisée au moyen d'un ventilateur d'extraction à montage axial dans le toit de l'enceinte et de deux fentes à la base des parois latérales. Le système d'aspiration est étalonné pour obtenir un débit de 120 mm/min $\pm$ 10 mm/min au cœur du four. Deux brûleurs propane sont utilisés pour allumer tous effluents du feu inflammables.

Le four électrique est étalonné pour obtenir un taux de variation en température de 3,3 K·s⁻¹ $\pm$ 0,1 K·s⁻¹ à l'intérieur d'un cylindre de cuivre pure, de 50 mm de long et 25 mm de diamètre.

L'éprouvette d'essai est maintenue sous tension au moyen de deux éléments de fixation avec manchons. Les flammes pilotes sont allumées, le four électrique est mis en position d'essai et le système de ventilation est mis en marche.

Après 10 min la ventilation est arrêtée pendant 1 min, puis remise en marche. Après une durée totale de 30 min, le four électrique est éteint. Les flammes pilotes sont éteintes et, le cas échéant, on prévoit un temps nécessaire à l'extinction de l'éprouvette. La longueur endommagée de l'éprouvette d'essai est ensuite enregistrée.

**Tableau 1 – Résumé et comparaison des méthodes d'essai
à l'échelle verticale de la CEI 60332 [21] ^{a)}**

	Partie 3-21 (Catégorie A F/R)	Partie 3-22 (Catégorie A)	Partie 3-23 (Catégorie B)	Partie 3-24 (Catégorie C)	Partie 3-25 (Catégorie D)
Puissance du brûleur	20,5 kW	20,5 kW ou 40,9 kW	20,5 kW		
Durée d'application de flamme	40 min			20 min	
Durée max. d'essai	1 heure				
Source de remplacement	Non				
Emplacement du brûleur	600 mm au-dessus de la base, à 75 mm de la surface de l'éprouvette d'essai, en face				
Angle du brûleur	Horizontal				
Longueur de l'échelle	3,5 m				
Largeur de l'échelle	0,5 m	0,5 m ou 0,8 m	0,5 m		
Longueur de l'éprouvette d'essai	Au minimum 3,5 m				
Largeur de l'éprouvette d'essai & techniques de montage	0,3 m max.	0,3 m max. ou 0,6 m max.	0,3 m max.		
Charge appliqué au câble [NMV] ^{b)}	7 litres/m		3,5 litres/m	1,5 litres/m	0,5 litres/m
Câbles à disposer en faisceaux	Non				
Câbles à espacer	Oui	Oui, si les câbles comportent au moins une âme dont la section dépasse 35 mm ² . Non, dans le cas contraire.			
Enveloppe d'essai spécifié	Oui				
Débit d'air exigé	5000 litres/min				
Séries d'essais nécessaires	1				
Longueur carbonisée maximale recommandée depuis la partie inférieure	2,5 m				

^{a)} L'appareillage est défini dans la CEI 60332-3-10.

^{b)} "NMV" (*Non-Metallic Volume*) signifie "volume non métallique"

NOTE 1 Les différentes catégories ne sont pas nécessairement liées aux différents niveaux de sécurité dans les installations de câbles réelles. La catégorie A F/R est destinée aux conceptions de câbles spéciales utilisées dans les installations particulières. Les catégories A, B, C et D sont celles concernant une utilisation générale lorsque différents volumes non-métalliques sont applicables.

NOTE 2 Les normes EN correspondantes sont l'EN 60332-3-10, l'EN 60332-3-21, l'EN 60332-3-22, l'EN 60332-3-23, l'EN 60332-3-24, et l'EN 60332-3-25.

NOTE 3 L'Article 9.1.1 de l'EN 50305:2002 [30] spécifie une méthode d'essai qui est la même que celle de la CEI 60332-3-25 compris entre 6 mm et 12 mm. L'Article 9.1.2 de l'EN 50305 spécifie une méthode d'essai qui est la même que celle de la CEI 60332-3-25:2002 pour les câbles dont le diamètre est inférieur ou égal à 6 mm, mais des faisceaux de câbles sont utilisés pour préparer le groupe d'éprouvettes d'essai.

Tableau 2 – Résumé et comparaison des méthodes d'essai à l'échelle verticale non CEI

	IEEE 383 [31]	ICEA T-29-520 [32]	CSA-FT4 [33]	IEEE 1202 [34]	ASTM D 5537 Protocole A [35] UL 1685 [36] Protocole UL (a)*	ASTM D 5537 Protocole B [35] UL 1685 [36] Protocole CSA (a)	CEI 20-22/2 [38]	EN 50399 [26] (f)
Puissance du brûleur en kW (approx.)	21	62	21	21	21	21	30 (b)	20,5 ou 30,0
Temps d'application de la flamme en min	20	20	20	20	20	20	60 (c), (d)	20
Source de remplacement	Chiffon imprégné d'huile	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Emplacement du brûleur (e)	610 mm 76 mm in back	300 mm 200 mm in back	300 mm 75 mm in front	305 mm 76 mm in front	457 mm 76 mm in back	457 mm 76 mm in front	200 mm 50 mm avant et arrière (d)	600 mm 75 mm in front
Angle du brûleur	Horizontal	Horizontal	20° vers le haut	20° vers le haut	Horizontal	20° vers le haut	Horizontal	Horizontal
Longueur de l'échelle en m	2,44	2,44	3,0	3,0	2,44	2,44	4,5	3,5
Largeur de l'échelle en m	0,305	0,305	0,3	0,305	0,305	0,3	0,5	0,5
Longueur de l'éprouvette d'essais en m	2,44	2,44	2,3	2,3	2,44	2,44	4,5	3,5
Largeur de l'éprouvette d'essai en mètres et techniques de montage	0,15 avant uniquement	0,15	0,25 avant uniquement	Complète avant uniquement	0,15 avant uniquement	0,25 avant uniquement	0,20 avant et arrière	variable, sauf ~ 0,30 (k) avant uniquement
Câbles à disposer en faisceaux	Non	Non	Si D < 13 mm	Si D < 13 mm	Non	Si D < 13 mm	Encastres, sans espaces	Si D ≤ 5 mm
Enveloppe d'essai spécifiée	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Débit d'air exigé	() Non applicable	() Non applicable	> 0,17 m³/s	0,65 m³/s	0,65 m³/s	0,65 m³/s	0 167 m³/s	8000 dm³/min (0,133 m³/s)
Séries d'essais nécessaires	3	2	2	2 × 2 (f)	1	1	1	1
Longueur carbonisée maximale depuis la partie inférieure, en m	2,44	2,44	1,786 (g), (h)	1,786 (g)	2,44 (UL) (i) Aucune exigence (ASTM)	1,786 (UL) (g) Aucune exigence (ASTM)	4,1	Aucune exigence

a)	L'UL 1685 et l'ASTM D 5537 contiennent 2 protocoles d'essais. Le Protocole A de l'ASTM D 5537 est équivalent au protocole UL de l'UL 1685, et le protocole B of ASTM D 5537 est équivalent au protocole CSA de l'UL 1685. Les deux essais sont utilisés pour mesurer la propagation de la flamme, le dégagement de chaleur et le dégagement de fumées. Les mêmes deux protocoles d'essais sont utilisés dans l'ASTM D 5424 [37] mais uniquement pour mesurer la propagation de la flamme et l'obscurcissement par la fumée. Les normes d'essais au feu ASTM ne comportent pas de critères d'acceptation/de refus. Lorsqu'un câble est soumis à l'essai selon l'UL 1685 et satisfait aux critères de propagation de la flamme, de dégagements de chaleur et de fumées, il est classé dans la catégorie des câbles "à dégagement de fumée limitée".
b)	Four électrique, deux plaques rayonnantes se faisant face (500 mm × 500 mm), aucune flamme.
c)	Le montage fait référence à la section applicable de la CEI 60332-3.
d)	La source d'allumage est un four électrique situé à une distance minimale de la surface du câble.
e)	Hauteur au-dessus de la partie inférieure, distance de la surface de l'éprouvette.
f)	Deux chacune sur deux tailles différentes d'éprouvettes d'essais.
g)	La longueur carbonisée est mesurée à partir de la ligne en hauteur horizontale du brûleur.
h)	La norme CSA FT4 contient également des critères d'acceptation/de refus pour l'obscurcissement par la fumée comme suit: le taux de dégagement de fumées de crête ne devant pas dépasser $0.40 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ et la quantité totale de fumées dégagées ne devant pas dépasser 150 m^2 , ce qui donne une liste de ST 1.
i)	Un câble répondant aux critères de propagation de flammes pour l'UL 1685 (protocole UL) figurant dans le tableau sera classé comme étant "à dégagement de fumée limitée/UL". S'il répond également aux critères d'acceptation/de refus suivants pour l'obscurcissement par la fumée: le taux de dégagement de fumées de crête ne devant pas dépasser $0.25 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ et la quantité totale de fumées dégagées ne devant pas dépasser 95 m^2 .
j)	L'EN 50399 est utilisée pour mesurer la propagation de la flamme, le dégagement de chaleur et la production de fumée.
k)	La largeur du groupe d'échantillons dépend du diamètre du câble et peut se situer entre 0,22 m et 0,32 m.

4.2.3.4 Répétabilité et reproductibilité

Il n'existe pas de données connues disponibles.

4.2.3.5 Pertinence des données d'essais

Cette méthode est utilisée pour déterminer la propagation de flammes ou la longueur carbonisée (qui est utilisée pour représenter la propagation de flammes). Les données issues de l'essai peuvent être utilisées pour le contrôle de la qualité, pour l'évaluation de produits et à des fins de recherches et développement de produits.

4.2.4 Essai de combustion verticale des câbles de colonnes montantes – UL 1666 [41]

4.2.4.1 But et principe

La présente méthode est utilisée pour évaluer les flammes entre les étages en passant par une colonne montante.

Les câbles sont montés verticalement et allumés à l'aide d'un brûleur à gaz. La propagation de la flamme est contrôlée visuellement et par mesures de la température au niveau de l'étage suivant.

4.2.4.2 Éprouvette d'essai

Les éprouvettes d'essais correspondent à des longueurs de câbles de puissance, de communications ou à fibres optiques.

4.2.4.3 Méthode d'essai

Les éprouvettes d'essais sont montées verticalement dans une colonne montante simulée et elles sont allumées à l'aide d'un brûleur au gaz propane. La propagation de la flamme d'un point de vue visuel et la température de l'enceinte au niveau supérieur sont contrôlées. La durée de l'essai est de 30 min.

4.2.4.4 Répétabilité et reproductibilité

Il n'existe pas de données connues disponibles.

4.2.4.5 Pertinence des données d'essais

Cette méthode est utilisée en vue de déterminer la propagation de la flamme ou l'accroissement de température à des fins réglementaires.

Les données issues de cet essai peuvent être utilisées comme valeurs d'entrées pour évaluer leur contribution au danger d'incendie d'un point de vue général, et à des fins de recherches et de développement de produits.

4.2.5 Essai de propagation de la flamme horizontale des câbles – EN 50289-4-11 et NFPA 262

4.2.5.1 Généralités

Une norme européenne et plusieurs normes nationales sont fondées sur cette méthode, y compris l'EN 50289-4-11 [42] et la NFPA 262 [43].

4.2.5.2 But et principe

La présente méthode d'essai prévoit des mesures de la propagation des flammes en surface pour les fils et câbles prévus pour être utilisés dans des espaces cachés horizontaux.

Les éprouvettes d'essais sont allumées et la propagation des flammes en surface est mesurée.

4.2.5.3 Éprouvette d'essai

L'éprouvette d'essai est constituée de segments de fils ou de câbles.

4.2.5.4 Méthode d'essai

Les éprouvettes d'essai sont disposées côte à côte pour constituer une couche unique sur toute la largeur d'une échelle et elles sont allumées à l'aide d'un brûleur au gaz.

La propagation des flammes en surface est déterminée en mesurant le déplacement du front de flammes à travers les fenêtres à intervalles espacés.

La durée de l'essai est de 20 min.

4.2.5.5 Répétabilité et reproductibilité

Les essais d'évaluations interlaboratoires de la NFPA 262 ont été conduits. Les données obtenues lors de ces essais figurent dans l'Annexe C.

4.2.5.6 Pertinence des données d'essais

La présente méthode d'essai est utilisée pour déterminer la propagation des flammes à des fins réglementaires au Canada, aux États-Unis et au Mexique.

Les données obtenues lors de ces essais peuvent être utilisées comme valeurs d'entrées pour évaluer leur contribution au danger d'incendie d'un point de vue général, et à des fins de recherches et de développement de produits.

Annexe A (informative)

Données de répétabilité et reproductibilité – ISO 5658-2

Un essai interlaboratoires a été effectué dans lequel des lots de répliqués de six matériaux ont été soumis à l'essai. Une sélection de résultats de cet essai figure dans le Tableau A.1.

Tableau A.1 – Données d'essais interlaboratoires relatives à l'ISO 5658-2

Matériau	Paramètre ¹⁾	No. de laboratoires	Valeur moyenne <i>m</i>	Répétabilité <i>r</i>	Reproductibilité <i>R</i>
Poly (méthacrylate de méthyle)	HSB	7	2,02	0,19	0,45
Contreplaqué en bouleau	CIE	8	3,43	2,25	3,60
	HSB	8	1,90	0,51	0,70
Contreplaqué à revêtement ignifuge	CIE	8	11,30	5,17	6,19
	HSB	6	1,49	0,41	0,43
Plaques de plâtre à revêtement de PVC	CIE	6	23,70	2,20	7,98
	HSB	6	2,73	1,18	1,71
Polystyrène expansé adhérent aux plaques de silicate de calcium	CIE	7	13,80	6,63	11,70
	HSB	7	8,63	2,77	4,86
Plastique renforcé à la fibre de verre (GRP, Glass-Reinforced Plastic) phénolique	CIE	5	35,10	12,30	15,50
	HSB	5	11,15	4,57	8,53
¹⁾ HSB (<i>Heat for Sustained Burning</i>) = Chaleur lors de la combustion persistante, exprimée en unités de MJ/m ² . CIE (Critical heat flux at extinguishment) = Flux de chaleur critique à l'extinction, exprimé en unités de kW/m ² .					

Annexe B (informative)

Données de répétabilité et reproductibilité – ISO 5658-4

La précision de la méthode a été examinée dans un essai interlaboratoires en 1997. Onze laboratoires de huit pays y ont participé. Seize produits ont été soumis à l'essai. Chaque produit a été soumis à l'essai six réplicats. Les résultats d'essai ont été analysés selon l'ISO 5725 [44]. Les données de reproductibilité et de répétabilité concernant le temps avant allumage et la zone de propagation de la flamme figurent ci-dessous dans le Tableau B.1.

Tableau B.1 – Données de reproductibilité et de répétabilité ISO 5658-4

Paramètre	Coefficient de variation	Plage (%)	Moyenne (%)
Temps jusqu'à l'allumage	Répétabilité	12 à 46	26
	Reproductibilité	28 à 133	59
Zone de propagation des flammes	Répétabilité	0 à 36	17
	Reproductibilité	0 à 61	31

Annexe C (informative)

Données de répétabilité et reproductibilité – NFPA 262

Les essais interlaboratoires ont été réalisés par cinq laboratoires internationaux [45].

Dans la méthode d'essai, la propagation de la flamme est mesurée dans les limites de 0,5 pieds. L'ISO 5725 a été utilisée pour déterminer la répétabilité et la reproductibilité. La valeur moyenne (m), la répétabilité (r), et la reproductibilité (R), ont été calculées pour chacune des éprouvettes d'essais de câbles.

Tableau C.1 – Données de répétabilité et reproductibilité pour la NFPA 262

Propagation de la flamme (ft)			
Câble	m	r	R
1	1,23	0,81	2,07
2	0,77	0,32	0,77
3	0,87	0,74	0,97
4	0,88	0,51	1,13
5	2,23	1,41	1,93
6	1,18	0,77	0,88

Bibliographie

- [1] CEI 60695-11-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10:: Flammes d'essai – Méthodes d'essai horizontale et verticale à la flamme de 50 W*
- [2] CEI 60695-11-20, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-20: Flammes d'essai – Méthodes d'essai à la flamme de 500 W*
- [3] CEI 60332, *Essais des câbles électriques et à fibres optiques soumis au feu – Partie 1-1: Essai de propagation verticale de la flamme sur conducteur ou câble isolé – Appareillage d'essai; Partie 1-2: Essai de propagation verticale de la flamme sur conducteur ou câble isolé – Procédure pour flamme à prémélange de 1 kW Partie 1-3: Essai de propagation verticale de la flamme sur conducteur ou câble isolé – Procédure pour la détermination des particules/gouttelettes enflammées.*
- [4] CEI 60332, *Essais des câbles électriques et à fibres optiques soumis au feu – Partie 2-1: Essai de propagation verticale de la flamme sur conducteur ou câble isolé de petite section – Appareillage d'essai Partie 2-2: Essai de propagation verticale de la flamme sur conducteur ou câble isolé de petite section – Procédure pour une flamme de type à diffusion.*
- [5] ISO 5658-2, *Essais de réaction au feu – Propagation du feu – Partie 2: Propagation latérale sur les produits de bâtiment et de transport en position verticale.*
- [6] IMO Resolution A.653(16), *Recommendation on Improved Fire Test Procedures for Surface Flammability of Bulkhead, Ceiling and Deck Finish Materials*
- [7] ASTM E-1321, *Standard Test Method for Determining Material Ignition and Flame Spread Properties.*
- [8] ISO 5658-4, *Essais de réaction au feu – Propagation du feu – Partie 4: Essai à échelle intermédiaire de la propagation de la flamme avec éprouvette orientée verticalement*
- [9] ISO 12136:2011, *Essais de réaction au feu -- Mesurage des propriétés des matériaux au moyen d'un appareillage de propagation du feu*, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- [10] ASTM E2058 (2013), *Standard Test Methods for Measurement of Synthetic Polymer Material Flammability Using a Fire Propagation Apparatus (FPA)*, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.
- [11] Tewarson, A. and Khan, M.M., *Generation of Smoke from Electrical Cables*, Proceedings of the ASTM Symposium on Characterization and Toxicity of Smoke, Hasegawa, H.K. (Editor), ASTM STP 1082, pp 100-117, The American Society of Testing and Materials, Philadelphia, PA, 1988.
- [12] Tewarson, A. and Khan, M.M., *Fire Propagation Behavior of Electrical Cables*, 2nd International Symposium on Fire Safety Science, Hemisphere Publishing Corp., New York, NY, 1988.
- [13] Tewarson, A. and Khan, M.M., *Flame Propagation for Polymers in Cylindrical Configuration and Vertical Orientation*, 22nd International Symposium on Combustion, The Combustion Institute, Pittsburgh, PA, 1988.
- [14] Tewarson, A. and Khan, M.M., *A New Standard Test Method for Fire Propagation Behavior of Electrical Cables in Industrial and Commercial Occupancies*, Proceedings of the 5th International Fire Conference, Interflam, 1990.
- [15] Tewarson, A. and Khan, M.M., *A New Standard Test Method for the Quantification of Fire Propagation Behavior of Electrical Cables Using Factory Mutual Research Corporation's Small-Scale Flammability Apparatus*, Fire Technology, August 1992.

- [16] Khan, M.M., Bill, R.G. and Alpert, R.L., *Screening of plenum cables using a small-scale fire test protocol*, Fire and Materials, **30**, pp 65-76 (2006).
- [17] Boardman, D., Khan, M.M., *The Effectiveness of Coatings on the Flame Spread Behavior of Electric Cables*, Fire and Materials Conference 2013, January 2013.
- [18] Tewarson, A., Khan, M.M., Wu, P.K. and Bill, R.G., *Flammability Evaluation of Clean Room Polymeric Materials for the Semiconductor Industry*, Fire and Materials, **25**, pp 31-42 (2001).
- [19] Federal Aviation Administration (FAA) Aircraft Materials Fire Test Handbook – Chapter 14 – *Test for Electrical Wire Used in Designated Fire Zones*, from FAR 25, Federal Aviation Regulations – Air worthiness standards – Part 25: Transport category – Airplanes.
- [20] ISO 3795, *Véhicules routiers et tracteurs et matériels agricoles et forestiers – Détermination des caractéristiques de combustion des matériaux intérieurs*
- [21] CEI 60332, *Essais des câbles électriques soumis au feu – Partie 3-10: Essai de propagation verticale de la flamme des fils ou câbles en nappes en position verticale – Appareillage*
Partie 3-21: Essai de propagation verticale de la flamme des fils ou câbles en nappes en position verticale – Catégorie A F/R *Partie 3-22: Essai de propagation verticale de la flamme des fils ou câbles en nappes en position verticale – Catégorie A; Partie 3-23: Essai de propagation verticale de la flamme des fils ou câbles en nappes en position verticale – Catégorie B; Partie 3-24: Essai de propagation verticale de la flamme des fils ou câbles en nappes en position verticale – Catégorie C; Partie 3-25: Essai de propagation verticale de la flamme des fils ou câbles en nappes en position verticale – Catégorie D.*
- [22] Hoover, J.R., Caudill, L., Chapin, T., Clarke, F. B., *Full-Scale Fire Research on Concealed Space Communication Cables*, Interflam, page 295, Interscience Communications Limited, London, UK, 1993.
- [23] Fardell, P.J., Rogers, S., Colwell, R., Chitty, R., *Cable Fires in Concealed Space – A Full Scale Test Facility for Standards Development*, Interflam, page 305, Interscience Communications Limited, London, UK, 1993.
- [24] Caudill, L., Hoover, J. R., Chapin, T., Walnock, J., *Fire testing of Communication Cables*, FRCA, 1995.
- [25] Farneti, F., Vercellotti, U., *A critical assessment of IEC 332-3 (1992), the Italian standard CEI 20-22 (1987) and the requirements of E.E.C. Construction Product Directive from the fire propagation point of view*, JICABLE'95, Versailles, 1995.
- [26] EN 50399, *Méthodes d'essai communes aux câbles soumis au feu – Mesure de la chaleur et de la fumée dégagées par les câbles au cours de l'essai de propagation de la flamme – Appareillage d'essai, procédure et résultats.*
- [27] CLC TC20/Sec1576/INF, *prEN 50399 – Round-Robin evaluation* (Évaluation comparative interlaboratoire), CENELEC, Bruxelles, Juin 2008.
- [28] CEMAC – *CE Marking of Cables*, Fire Technology SP Report 2010:27, ISBN 978-91-86319-65-6, ISSN 0284-5172, Borås 2010.
- [29] *Fire Performance of Electrical Cables, Final report on the European Commission SMT programme sponsored research project SMT4-CT96-2059*, Interscience Communications Limited 2000, ISBN 09532312 5 9.
- [30] EN 50305:2002: *Applications ferroviaires – Câbles pour matériel roulant ferroviaire ayant des performances particulières de comportement au feu – Méthodes d'essais*

- [31] IEEE 383: *Standard for Type test of Class IE Electric cables, Field Splices and Connections for Nuclear Power Generating stations – Part 2.5: Flame Tests.*
- [32] ICEA T-29-520: *Conducting Vertical Cable Tray Flame Test with Theoretical Heat Release Input Rate of 210,000 B.T.U./Hour.*
- [33] CSA C22.2 No. 0.3: *Méthodes d'essai des fils et câbles électriques.*
- [34] IEEE 1202: *Standard for Flame Testing of Cables for Use in Cable Trays in Industrial and Commercial Occupancies.*
- [35] ASTM D 5537: *Standard Test Method for Heat Release, Flame Spread, Smoke Obscuration, and Mass Loss Testing of Insulating Materials Contained in Electrical or Optical Fiber Cables when Burning in a Vertical Cable Tray Configuration.*
- [36] UL 1685: *UL Standard for Safety – Standard for Vertical-Tray Fire-Propagation and Smoke-Release Test for Electrical and Optical-Fibre Cables.*
- [37] ASTM D 5424: *Standard Test Method for Heat Release, Flame Spread, Smoke Obscuration, and Mass Loss Testing of Insulating Materials Contained in Electrical or Optical Fiber Cables when Burning in a Vertical Cable Tray Configuration.*
- [38] CEI 20-22/2: *Fire tests on electrical cables – Part 2: Fire propagation test.*
- [39] CEI/TR 62222, *Tenue au feu des câbles de communication installés dans les bâtiments.*
- [40] NF C 32-070: *Essai de classification des conducteurs et câbles du point de vue de leur comportement au feu.*
- [41] UL 1666: *UL Standard for Safety – Standard Test for Flame Propagation Height of Electrical and Optical-Fibre Cables Installed Vertically in Shafts.*
- [42] EN 50289-4-11: *Câbles de communication. Spécifications des méthodes d'essai. Méthodes d'essais d'environnement Méthode intégrée d'essai horizontal au feu.*
- [43] NFPA 262: *Standard Method of Test for Flame Travel and Smoke of Wires and Cables for Use in Air-Handling Spaces.*
- [44] ISO 5725: *Fidélité des méthodes d'essai -- Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode d'essai normalisée par essais interlaboratoires.*
- [45] *International NFPA 262 Fire Test Harmonization Project*, The Fire Protection Research Foundation, Batterymarch Park, Quincy Mass. USA.

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