

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

HORIZONTAL PUBLICATION
PUBLICATION HORIZONTALE

**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**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-9-2:2021



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 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
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 once a month by email.

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: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

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.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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 une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

HORIZONTAL PUBLICATION
PUBLICATION HORIZONTALE

**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

ICS 13.220.40; 29.020

ISBN 978-2-8322-9997-5

**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.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
4 Summary of published test methods	12
4.1 General.....	12
4.2 The physical <i>fire</i> model	12
4.3 <i>Small-scale fire tests</i>	14
4.3.1 Horizontal and vertical 50 W and 500 W <i>flame</i> tests – IEC 60695-11-10 and IEC 60695-11-20.....	14
4.3.2 <i>Fire hazard</i> testing – Part 11-21: Test <i>flames</i> – 500 W vertical <i>flame</i> test method for tubular polymeric materials – IEC TS 60695-11-21 [5].....	14
4.3.3 Flexible insulating sleeving – Part 2: Methods of test, Clause 26: <i>Flame</i> propagation tests – IEC 60684-2:2011 [7], Clause 26.....	15
4.3.4 Vertical burning test for cables – IEC 60332-1 [9].....	16
4.3.5 Vertical burning test for cables – IEC 60332-2 [10].....	17
4.3.6 Flexible cellular polymeric materials – Laboratory assessment of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small <i>flame</i> – ISO 3582 [11]	18
4.3.7 Horizontal burning rate for road vehicle materials – ISO 3795 [12].....	19
4.3.8 Cellular plastics – Determination of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small <i>flame</i> – ISO 9772 [13]	19
4.3.9 Plastics – Determination of burning behaviour of thin flexible vertical specimens in contact with a small- <i>flame ignition</i> source – ISO 9773 [15]	20
4.3.10 <i>Fire</i> propagation apparatus – ISO 12136 [16]	21
4.3.11 Plastics – Vertical <i>flame spread</i> determination for film and sheet – ISO 12992 [27]	23
4.3.12 Vertical burning test for aircraft materials – FAR 25 [29]	23
4.4 Medium and <i>intermediate-scale fire tests</i>	24
4.4.1 Lateral <i>flame spread</i> on building and transport products – ISO 5658-2 [30] ...	24
4.4.2 <i>Intermediate-scale fire test</i> of vertical <i>flame spread</i> – ISO 5658-4 [33].....	25
4.4.3 Plastics – Reaction to <i>fire</i> – Test method for <i>flame spread</i> and combustion product release from vertically oriented specimens – ISO 21367 [35]	26
4.5 <i>Intermediate and large-scale fire tests</i> for cables	26
4.5.1 General	26
4.5.2 Vertical burning tests for cables (ladder tests)	27
4.5.3 Vertical burning test for cables – NF C 32-070 [60].....	31
4.6 <i>Real-scale fire tests</i> for cables.....	31
4.6.1 Standard for test for <i>flame</i> propagation height of electrical and optical-fiber cables installed vertically in shafts – UL 1666 [61]	31
4.6.2 Horizontal <i>flame spread</i> test for cables – EN 50289-4-11 [62].....	32
5 Overview of methods and relevance of data	33
Bibliography.....	38
Table 1 – Characteristics of fire stages (ISO 19706:2011)	13
Table 2 – Summary and comparison of IEC 60332 vertical ladder test methods [37] ^{a)}	28
Table 3 – Summary and comparison of non-IEC vertical ladder test methods.....	29
Table 4 – Overview of flame spread methods.....	34

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.

This second edition cancels and replaces the first edition of IEC 60695-9-2 published in 2014. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) Updated introduction
- b) Updated normative references
- c) Updated terms and definitions
- d) New Subclauses 4.1 and 4.2

e) Reference to *fire* stages as defined in ISO 19706 (Table 1)

f) New sub-division of tests into the following subclauses:

4.3 *Small-scale fire tests*

4.4 *Medium and intermediate-scale fire tests*

4.5 *Intermediate and large-scale fire tests* for cables

4.6 *Real-scale fire tests* for cables

g) Updated text in parts of Clause 4

h) Addition of the following test methods:

IEC TS 60695-11-21

IEC 60684-2:2011, Clause 26

ISO 3582

ISO 9772

ISO 9773

ISO 12992

ISO 21367

i) New Clause 5 and Table 4 giving an overview of test methods

j) Deletion of all the Annexes

k) Updated bibliography

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
89/1469/CDV	89/1505/RVC

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

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

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

In this standard, the following print types are used:

terms referred to in Clause 3: in italic type.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-9-2:2021

INTRODUCTION

In the design of an electrotechnical product, the risk of *fire* and the potential hazards associated with *fire* need to be considered. In this respect the objective of component, circuit and equipment design, as well as the choice of materials, is to reduce the risk of *fire* to a tolerable level even in the event of reasonably foreseeable (mis)use, malfunction or failure.

IEC 60695-1-10, IEC 60695-1-11 [1]¹, and IEC 60695-1-12 [2] provide guidance on how this is to be accomplished.

Fires involving electrotechnical products can also be initiated from external non-electrical sources. Considerations of this nature are dealt with in an overall *fire hazard* assessment.

The aim of the IEC 60695 series of standards is to save lives and property by reducing the number of *fires* or reducing the consequences of the *fire*. This can be accomplished by:

- trying to prevent *ignition* caused by an electrically energised component part and, in the event of *ignition*, to confine any resulting *fire* within the bounds of the enclosure of the electrotechnical product;
- trying to minimise *flame spread* beyond the product's enclosure and to minimise the harmful effects of *fire* effluents including heat, smoke, and toxic or corrosive combustion products.

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.

¹ Numbers in square brackets refer to the bibliography.

FIRE HAZARD TESTING –

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

1 Scope

This part of IEC 60695-9 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 the IEC are not to be considered as endorsed by the IEC 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 are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60695-1-10, *Fire hazard testing – Part 1-10: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – General guidelines*

IEC 60695-4:2012, *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 13943:2017, *Fire Safety – Vocabulary*

ISO 19706:2011, *Guidelines for assessing the fire threat to people*.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60695-4:2012 and ISO 13943:2017 (some of which are reproduced below) and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1

burned length

maximum extent in a specified direction of the burned area

Note 1 to entry: The typical unit is m.

Note 2 to entry: Compare with the term *damaged length* (3.5).

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.37]

3.2

char length

length of charred area

Note 1 to entry: Compare with the terms *burned length* (3.1) and *damaged length* (3.5).

Note 2 to entry: In some standards, *char length* is defined by a specific test method.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.49]

3.3

combustible, noun

item capable of combustion (3.4)

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.53]

3.4

combustion

exothermic reaction of a substance with an oxidizing agent

Note 1 to entry: Combustion generally emits *fire* effluent accompanied by *flames* (3.11) and/or glowing.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.55]

3.5

damaged length

maximum extent in a specified direction of the damaged area

Note 1 to entry: Compare with the terms *char length* (3.2) and *burned length* (3.1)

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.73]

3.6

fire

(general) process of *combustion* (3.4) characterized by the emission of heat and *fire* effluent and usually accompanied by smoke, *flame* (3.11), 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 relate to specific types of self-supporting combustion with different meanings. Of these three, two of them are designated using two different terms in both French and German.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.114]

3.7

fire

⟨controlled⟩ self-supporting *combustion* (3.4) that has been deliberately arranged to provide useful effects and is limited in its extent in time and space

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.115]

3.8

fire

⟨uncontrolled⟩ self-supporting *combustion* (3.4) that has not been deliberately arranged to provide useful effects and is not limited in its extent in time and space

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.116]

3.9

fire hazard

potential for harm associated with *fire* (3.8)

Note 1 to entry: Alternatively, *fire hazard* can be a physical object or condition with a potential for an undesirable consequence from *fire*.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.131]

3.10

fire scenario

qualitative description of the course of a *fire* (3.8) with respect to time, identifying key events that characterize the studied *fire* and differentiate it from other possible *fires*

Note 1 to entry: It typically defines the *ignition* (3.18) and *fire* growth processes, the *fully developed fire* (3.16) stage, the *fire* decay stage, and the environment and systems that impact on the course of the *fire*.

Note 2 to entry: Unlike deterministic *fire* analysis, where *fire scenarios* are individually selected and used as design *fire scenarios*, in *fire* risk assessment, *fire scenarios* are used as representative *fire scenarios* within *fire scenario* clusters.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.152, modified – Note 1 removed as not relevant]

3.11

flame, noun

zone in which there is rapid, self-sustaining, sub-sonic propagation of *combustion* (3.4) in a gaseous medium, usually with emission of light

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.159 – modified by the addition of “zone in which there is”]

3.12

flame front

boundary of flaming combustion at the surface of a material or propagating through a gaseous mixture

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.162]

3.13

flame spread

propagation of a *flame front* (3.12)

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.168]

3.14

flame-spread rate

DEPRECATED: burning rate

DEPRECATED: rate of burning

distance travelled by a *flame front* (3.12) during its propagation, divided by the time of travel, under specified conditions

Note 1 to entry: The typical unit is m.s^{-1} .

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.169]

3.15

flashover

⟨stage of *fire*⟩ transition to a state of total surface involvement in a *fire* (3.8) of combustible materials within an enclosure

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.184]

3.16

fully developed fire

state of total involvement of combustible materials in a *fire* (3.6)

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.192]

3.17

heat release rate

DEPRECATED: burning rate

DEPRECATED: rate of burning

rate of thermal energy production generated by *combustion* (3.4)

Note 1 to entry: The typical unit is W.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.206]

3.18

ignition

DEPRECATED: sustained ignition

⟨general⟩ initiation of *combustion* (3.4)

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.217]

3.19

ignition source

source of energy that initiates *combustion* (3.4)

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.219]

3.20

intermediate-scale fire test

fire test performed on a test specimen of medium dimensions

Note 1 to entry: A *fire* test performed on a test specimen for which the maximum dimension is between 1 m and 3 m is usually called an *intermediate-scale fire test*.

Note 2 to entry: The dimensions in Note 1 to entry usually refer to reaction-to-*fire* testing and not to *fire* resistance testing.

Note 3 to entry: ISO 29903 considers medium dimensions to be those with a maximum dimension between 1 m and 3 m.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.233]

3.21

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: 2017, definition 3.239]

3.22

medium-scale fire test

fire test performed on a test specimen of small-medium size dimensions

Note 1 to entry: A *fire* test performed on a test specimen of which the maximum dimension is between 0,5 m and 1,0 m is often called a *medium-scale fire test*.

Note 2 to entry: The dimensions referenced in Note 1 to entry usually refer to reaction-to-*fire* testing and not to *fire* resistance testing, where a maximum dimension of 1 m corresponds to a small-scale test.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.269]

3.23

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* (3.6) before flaming combustion has begun.

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

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.316]

3.24

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 will be used in accordance with the conditions laid down by the specifier and/or in accordance with normal practice.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.325]

3.25

riser cable

cable that runs vertically between floors in a building

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

3.26

small-scale fire test

fire test performed on a test specimen of small dimensions

Note 1 to entry: There is no clear upper limit for the dimensions of the test specimen in a *small-scale fire test*. In some instances, a *fire* test performed on a test specimen with a maximum dimension of less than 1 m is called a *small-scale fire test*. However, a *fire* test performed on a test specimen of which the maximum dimension is between 0,5 m and 1,0 m is often called a *medium-scale fire test*.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.346]

3.27

surface spread of flame

flame spread (3.13) away from the source of *ignition* (3.18) across the surface of a liquid or a solid

[SOURCE: ISO 13943: 2017, definition 3.378]

4 Summary of published test methods

4.1 General

This summary does not replace published standards, which are the only valid reference documents.

In cases where *fire* tests are not yet specified, and need to be developed or altered for the special purpose of an IEC technical committee, this shall be done in liaison with the relevant IEC technical committee, as mandated by IEC Guide 104. The test method(s) selected shall be relevant to the *fire scenario* of concern. Guidance on the selection and relevance of *fire* tests for electrotechnical products is given in IEC 60695-1-10.

General guidance on *surface spread of flame* tests for electrotechnical products is given in IEC 60695-9-1.

4.2 The physical fire model

Flame spread is not an inherent property of a material or product, but is critically dependent on the conditions under which that material or product is burnt. The various factors that affect *flame spread* are discussed in IEC 60695-9-1.

It is important to show that the test conditions defined in a standardised test method (the physical *fire* model) are relevant to, and replicate the desired stage of a real *fire*. ISO has published a general classification of *fire* stages in ISO 19706:2011, shown in Table 1.

Table 1 – Characteristics of *fire* stages (ISO 19706:2011)

Fire stage	Heat flux to fuel surface kW/m ²	Max. temperature °C		Oxygen volume %		Fuel/air equivalence ratio (plume)	$\frac{[\text{CO}]}{[\text{CO}_2]}$ v/v	$100 \times \frac{[\text{CO}_2]}{([\text{CO}_2] + [\text{CO}])}$ % efficiency
		Fuel surface	Upper layer	Entrained	Exhausted			
1. Non-flaming								
a. self-sustaining (smouldering)	n.a.	450 to 800	25 to 85 ^d	20	20	—	0,1 to 1	50 to 90
b. oxidative pyrolysis from externally applied radiation	—	300 to 600 ^a	^b	20	20	< 1	^c	^c
c. anaerobic pyrolysis from externally applied radiation	—	100 to 500	^b	0	0	>> 1	^c	^c
2. Well-ventilated flaming ^d	0 to 60	350 to 650	50 to 500	≈ 20	≈ 20	< 1	< 0,05 ^e	> 95
3. Under-ventilated flaming ^f								
a. small, localized fire, generally in a poorly ventilated compartment	0 to 30	300 to 600 ^a	50 to 500	15 to 20	5 to 10	> 1	0,2 to 0,4	70 to 80
b. post-flashover fire	50 to 150	350 to 650 ^g	> 600	< 15	< 5	> 1 ^h	0,1 to 0,4 ⁱ	70 to 90
a The upper limit is lower than for well-ventilated flaming combustion of a given combustible. b The temperature in the upper layer of the fire room is most likely determined by the source of the externally applied radiation and room geometry. c There are few data; but for pyrolysis, this ratio is expected to vary widely depending on the material chemistry and the local ventilation and thermal conditions. d The fire's oxygen consumption is small compared to that in the room or the inflow, the flame tip is below the hot gas upper layer or the upper layer is not yet significantly vitiated to increase the CO yield significantly, the flames are not truncated by contact with another object, and the burning rate is controlled by the availability of fuel. e The ratio may be up to an order of magnitude higher for materials that are fire-resistant. There is no significant increase in this ratio for equivalence ratios up to ≈ 0.75. Between ≈ 0.75 and 1, some increase in this ratio may occur. f The fire's oxygen demand is limited by the ventilation opening(s); the flames extend into the upper layer. g Assumed to be similar to well-ventilated flaming. h The plume equivalence ratio has not been measured; the use of a global equivalence ratio is inappropriate. i Instances of lower ratios have been measured. Generally, these result from secondary combustion outside the room vent.								

4.3 Small-scale fire tests

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

4.3.1.1 Purpose and principle

IEC 60695-11-10 [3] is a test using a 50 W flame. IEC 60695-11-20 [4] is a test using a 500 W flame. 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.

4.3.1.2 Test specimen

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

4.3.1.3 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).

4.3.1.4 Repeatability and reproducibility

Data are available in IEC 60695-11-10:2013, Annexes A and B, and IEC 60695-11-20:2015, Annex A.

4.3.1.5 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 and the design and heat transfer to adjacent metallic parts, greatly influence the flammability of the electrical insulating materials being used.

4.3.2 Fire hazard testing – Part 11-21: Test flames – 500 W vertical flame test method for tubular polymeric materials – IEC TS 60695-11-21 [5]

4.3.2.1 Purpose and principle

This document describes a small-scale laboratory pass/fail procedure which is based on the comparative burning characteristics of tubular polymeric materials. A flame is applied to test specimens held in a vertical position, supported by a wire or mandrel. Upon removal of the test flame, the extinguishing times and the burning characteristics are determined.

4.3.2.2 Test specimen

Test specimens are at least 450 mm long samples of tubular polymeric material.

4.3.2.3 Test method

A burner conforming to IEC 60695-11-3 [6], Method A, is used. This provides a pre-mixed methane flame of nominal power 500 W.

The test specimen is secured by a wire or mandrel with its longitudinal axis vertical. An indicator flag is attached to the test specimen with its lower edge (250 ± 2) mm above the

point at which the blue inner cone of the test *flame* touches the test specimen. A flat horizontal layer of cotton is placed below the test specimen.

The *flame* is applied for $(15 \pm 0,5)$ s to the side of the test specimen at a point near its lower edge. It is then removed for $(15 \pm 0,5)$ s. The flaming time, t , is noted. This operation is repeated until the test specimen has been subjected to five applications of the test *flame*. Where flaming of the test specimen persists longer than 15 s after the previous application of the test *flame*, the test *flame* is not reapplied until flaming of the test specimen has ceased of its own accord. The test *flame* is reapplied as soon as flaming of the test specimen has ceased.

The test specimen is considered to have passed the test if three criteria apply to all three test specimens. These are:

- a) the test specimen does not *flame* longer than 60 s following any of five 15 s applications of the test *flame*;
- b) flaming material from the test specimen does not ignite the cotton pad; and
- c) the indicator flag is not more than 25 % damaged, during, between, or after the five applications of the test *flame*.

4.3.2.4 Repeatability and reproducibility

No data are given.

4.3.2.5 Relevance of test data

This test method can be used to compare the burning characteristics of tubular polymeric materials. It can be used to compare the relative performance of materials, to aid in material selection, for quality control purposes and for quality assurance.

It is not to be used to compare the burning characteristics of any wire or cable products or any cable management systems.

4.3.3 Flexible insulating sleeving – Part 2: Methods of test, Clause 26: Flame propagation tests – IEC 60684-2:2011 [7], Clause 26

4.3.3.1 Purpose and principle

These are three small-scale laboratory procedures of different severities for determining the burning characteristics of flexible insulating sleeving. Methods A and B are vertical burning tests. Method C tests a sample at 20° from the vertical.

NOTE IEC 60684-3 [8] indicates which tests should be applied to a particular type or grade of sleeving.

4.3.3.2 Method A

4.3.3.2.1 Test specimen

Test specimens are at least 450 mm long. Heat-shrinkable sleeving is recovered before testing. The bore of the sleeving is not more than 10 mm.

NOTE For heat-shrinkable sleeving, this dimension is the specified recovered bore.

4.3.3.2.2 Test method

Tests are carried out in accordance with IEC TS 60695-11-21:2005 except that the source of heat is as defined in 26.3 of IEC 60684:2011.

4.3.3.3 Method B

4.3.3.3.1 Test specimen

Test specimens are approximately 660 mm long (recovered in the case of heat-shrinkable sleeving) and are supported on piano wire 900 mm in length. The sleeving is closed at the top end to prevent a chimney effect.

4.3.3.3.2 Test method

Tests are carried out in accordance with IEC TS 60695-11-21:2005 except that the source of heat is as defined in 26.3 of IEC 60684-2:2011.

4.3.3.4 Method C

4.3.3.4.1 Test specimen

Test specimens are approximately 560 mm long (recovered in the case of heat-shrinkable sleeving) and are supported on piano wire 800 mm in length. The sleeving is closed at the top end to prevent a chimney effect.

4.3.3.4.2 Test method

The source of heat is as defined in 26.3 of IEC 60684-2:2011. An indicator flag is attached to the test specimen with its lower edge (250 ± 2) mm away from the point at which the blue inner cone of the test *flame* touches the test specimen. There is no cotton layer.

The test specimen is supported so as to be 20° from the vertical and the *flame* is applied at 45° to the test specimen. The *flame* is applied for 15 s to the side of the test specimen at a point near its lower edge. After-*flame* time is noted as well as the length of burned specimen.

4.3.3.5 Repeatability and reproducibility

No data are given.

4.3.3.6 Relevance of test data

These test methods are used in order to determine if products meet specifications given in IEC 60684-3. It can also be used for quality control purposes and for quality assurance.

4.3.4 Vertical burning test for cables – IEC 60332-1 [9]

4.3.4.1 Purpose and principle

This test method specifies a method of testing a single vertical wire or cable or optical cable under *fire* conditions. IEC 60332-1-1 defines the apparatus. IEC 60332-1-2 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. IEC 60332-1-3 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 $0,5 \text{ mm}^2$ 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 4.1.3.

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

4.3.4.2 Test specimen

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

4.3.4.3 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.

4.3.4.4 Repeatability and reproducibility

No data are known to be available.

4.3.4.5 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.

4.3.5 Vertical burning test for cables – IEC 60332-2 [10]

4.3.5.1 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 4.1.2.1. IEC 60332-2-1 defines the apparatus. IEC 60332-2-2 defines the procedure. The *char length* of a vertical test specimen, exposed to a diffusion *flame* of length 125 mm $\pm$ 25 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.

4.3.5.2 Test specimen

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

4.3.5.3 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 mm² 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.

4.3.5.4 Repeatability and reproducibility

No data are known to be available.

4.3.5.5 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 document, 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.

4.3.6 Flexible cellular polymeric materials – Laboratory assessment of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small *flame* – ISO 3582 [11]

4.3.6.1 Purpose and principle

This is a small-scale laboratory screening procedure for comparing the relative horizontal burning characteristics of small test specimens of flexible cellular polymeric material exposed to a low energy source of heat.

4.3.6.2 Test specimen

Test specimens are (150 ± 1) mm long by (50 ± 1) mm wide. The thickness is not less than 5 mm and not more than 13 mm. Ten test specimens are evaluated.

4.3.6.3 Test method

A laboratory burner fitted with a wing top is used. Its internal diameter is $(9,5 \pm 0,5)$ mm. A gaseous hydrocarbon fuel is used, e.g. propane. The *flame* is defined by its size and its temperature. The burner and gas pressure are adjusted to give a blue *flame* with a temperature of $(1\ 000 \pm 100)$ °C (13 ± 1) mm above the wing top. The visible portion of the *flame* is specified as (38 ± 1) mm high with an inner cone (6 ± 1) mm high.

The test specimen is laid flat on a supporting wire grid and the *flame* is applied to one end for 60 s. A *flame-spread rate* is calculated, if possible, from the time that *flame* reaches a mark 25 mm from the far end of the test specimen. If *flame* does not reach the mark, a burning rate is calculated by dividing the extent of burning by the time taken for the *flame* to go out.

For certain materials that exhibit burning only along the upper surface of the test specimen, the mass loss is measured and reported, if required.

4.3.6.4 Repeatability and reproducibility

No data are provided.

4.3.6.5 Relevance of test data

This method is only intended for the purpose of assessing quickly and simply the horizontal burning characteristics of small test pieces. The burning behaviour is assessed without reference to the environmental conditions under which the material, or products made from it, may be used. As a consequence, it is not possible to establish a correlation between the results of this test and the performance of such materials or products under actual service conditions.

The test is not relevant for test specimens that distort away from and out of reach of the *flame* without *ignition*.

The *ignition source* is not well defined. The burner is not fully specified. Different fuels may be used. Assessment of *flame* size is subjective. No flow rates for fuels are specified.

4.3.7 Horizontal burning rate for road vehicle materials – ISO 3795 [12].

4.3.7.1 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.

4.3.7.2 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 is not more than 13 mm.

4.3.7.3 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.

4.3.7.4 Repeatability and reproducibility

No data are known to be available.

4.3.7.5 Relevance of test data

Most automotive manufacturers require this test for interior materials.

4.3.8 Cellular plastics – Determination of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small *flame* – ISO 9772 [13]

4.3.8.1 Purpose and principle

This is a small-scale laboratory screening procedure for comparing the relative burning characteristics of horizontally oriented, small cellular plastic specimens having a density less than 250 kg.m⁻³, when exposed to a small *flame ignition source*.

4.3.8.2 Test specimen

Test specimens are (150 ± 10) mm long by (50 ± 1) mm wide and are cut from a representative sample of the material (sheets or end products). Materials supplied in thicknesses over 13 mm are cut to (13 ± 1) mm thickness with any skin on one side. Materials supplied in thickness of 13 mm or less are tested at the thickness supplied, without removing any skin. If materials with adhesive applied are to be tested, specimens having adhesive on one side only are used.

4.3.8.3 Test method

A P/PF2 laboratory burner, as specified in ISO TR 10093:2018 [14], and fitted with a burner wing top, is used to provide the *ignition source*. Methane or propane can be used, but methane is preferred. The nominal power of the *flame* is 500 W. The test specimen is laid flat on a wire support gauze with a pad of dry cotton below it in order to detect any drips or debris that ignite it.

Two conditioning regimes are specified.

The *flame* is applied to one end of the test specimen for 60 s and timer 1 is started. Timer 2 is started when the test specimen *flame* reaches 25 mm along the test specimen. Timer 1 is stopped when the *flame* or glowing combustion front reaches 60 mm. Timer 2 is stopped when the *flame* or glowing combustion front reaches 125 mm. A variety of burning rate parameters are then noted and calculated. Average values for five specimens for each conditioning treatment are calculated.

A classification system is described in an informative Annex.

4.3.8.4 Repeatability and reproducibility

Data are given in an informative Annex in ISO 9772. The data were determined from an inter-laboratory trial conducted in 1986 involving seven laboratories, five materials and two replicates each using the average of five data points. The variables analysed were “elapsed time” and *flame-spread rate*.

NOTE “Elapsed time” is the sum of afterflame time and afterglow time for cases where the *flame* or glowing combustion did not pass the 60 mm mark.

4.3.8.5 Relevance of test data

The method is intended for quality assurance and the limited product evaluation of cellular plastic materials under controlled laboratory conditions. The optional classification system is intended for the preselection of cellular plastic material for products, including the determination of the ranges of material parameters that give the same classification.

Tests conducted on a material under the conditions specified can be of considerable value when comparing the horizontal burning characteristics of different materials, controlling manufacturing processes or assessing any changes in formulation or treatment prior to use.

Certain materials might shrink from the applied *flame* without igniting. In this event, the test results are not valid and additional test specimens will be required to obtain 10 valid test results. If this proves impossible due to non-*ignition* of all the specimens, then this test is not suitable for these materials.

4.3.9 Plastics – Determination of burning behaviour of thin flexible vertical specimens in contact with a small-*flame ignition* source – ISO 9773 [15]

4.3.9.1 Purpose and principle

This is a small-scale laboratory screening procedure for comparing the relative burning behaviour of vertically oriented thin and relatively flexible plastic specimens exposed to a low energy level *flame ignition* source. A test specimen having a nearly cylindrical form is supported vertically by one end and the free end is exposed to two successive applications of a specified gas *flame*. The burning behaviour of the specimen is assessed by measuring the afterflame and/or afterglow time.

4.3.9.2 Test specimen

Test specimens are (200 ± 5) mm long by (50 ± 2) mm wide and are a maximum of 0.25 mm thick.

The longitudinal axis of the specimen is wrapped tightly around the longitudinal axis of a 13 mm diameter rod to form a lapped cylinder. Overlapping portions of the specimen are secured with pressure-sensitive adhesive tape. The rod is then be removed. For stiff specimens, the pressure-sensitive tape may be reinforced or replaced by nichrome wire wound around the top 75 mm of the specimen.

4.3.9.3 Test method

A P/PF2 laboratory burner, as specified in ISO TR 10093:2018 [14] is used to provide the *ignition source*. Methane or propane can be used, but methane is preferred. The nominal power of the *flame* is 50 W. The test specimen is clamped vertically within its upper 6 mm so that the upper end of the tube is closed to prevent any chimney effects. The lower end is above a layer of cotton in order to detect any drips or debris that could ignite it.

Two conditioning regimes are specified.

The *flame* is applied to the lower end of the test specimen for 3 s and then a timer is started to measure the afterflame time. As soon as afterflaming ceases the *flame* is applied again for 3 s and the timer is started again to measure the afterflame and afterglow times. The two afterflame times are added to give a total afterflame time. A variety of burning rate parameters are then noted and calculated. Average values for five specimens for each conditioning treatment are calculated.

A classification system is described in an informative Annex.

4.3.9.4 Repeatability and reproducibility

Data are given in ISO 9773. The data were determined from an inter-laboratory trial conducted in 1986 involving six laboratories, four materials and two replicates. Each replicate was determined by averaging the values of five measurements. The variables analysed were “afterflame time after the first *flame* application” and “afterflame time plus afterglow time after the second *flame* application”.

4.3.9.5 Relevance of test data

The classification system is intended for quality control and the preselection of component materials for products. Tests made on a material under the conditions specified can be of considerable value when comparing the relative burning behaviour of different materials, controlling manufacturing processes or assessing any change in burning characteristics prior to, or during, use. The effects on the burning behaviour of additives, deterioration, and possible loss of volatile components are measurable using this method.

4.3.10 Fire propagation apparatus – ISO 12136 [16]

4.3.10.1 Purpose and principle

ISO 12136 provides four 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.

The *ignition*, combustion and *pyrolysis* test methods involve the use of horizontal specimens subjected to a controlled, external radiant heat flux, which can be set from 0 kW/m² to

65 kW/m². The *fire* propagation test method involves the use of vertical specimens subjected to *ignition* near the base of the specimen from an external radiant heat flux and a pilot *flame*. The combustion, *pyrolysis* and *fire* propagation test methods can be performed using an inlet air supply that is either normal air or other gaseous mixtures, such as air with added nitrogen, 100 % nitrogen or air enriched with up to 40 % oxygen.

4.3.10.2 Test apparatus

See ISO 12136 [16], ASTM E2058 [17] and NFPA 287 [18].

4.3.10.3 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.

4.3.10.4 Test methods and results

The four test methods given in this document 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.

4.3.10.5 Repeatability and reproducibility

Some reproducibility data are given in an informative Annex in ISO 12136. Data on *ignition* time and *heat release rate* from two laboratories are reported. No data on *flame spread* are reported.

4.3.10.6 Relevance of test data

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 [19] to [26].

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. The test methods are used extensively by FM Global for a variety of insurance industry norms including for clean room and cable applications.

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.

4.3.11 Plastics – Vertical *flame spread* determination for film and sheet – ISO 12992 [27]

4.3.11.1 Purpose and principle

This is a *small-scale fire test* for the measurement of *flame spread* properties of vertically oriented test specimens of plastics in the form of film or sheet, 3 mm or less in thickness, subject to a small *flame ignition source*.

4.3.11.2 Test specimen

Test specimens are (325 ± 5) mm long by (300 ± 5) mm wide. The thickness is not more than 3 mm. Three test specimens are evaluated unless the material is anisotropic, in which case three test specimens are tested in both directions.

4.3.11.3 Test method

A laboratory burner, as specified in ISO 11925-2 [28], is used with commercial-grade propane. The gas flow is adjusted so that the *flame* is (40 ± 4) mm high when the burner is vertical. The power of the *flame* is approximately 32 W.

The *flame* is applied to the bottom edge of the test specimen for 60 s and a *flame-spread rate* is calculated from the times that *flame* reaches markings 100 mm and 300 mm vertically above the bottom of the test specimen.

4.3.11.4 Repeatability and reproducibility

Data are given in ISO 12992. The data were obtained in an interlaboratory trial conducted in 1993 involving seven laboratories testing eight materials. The variable analysed was *flame-spread rate*.

4.3.11.5 Relevance of test data

The method may be useful for preselection or for quality control purposes. The test is not relevant for test specimens that distort away from and out of reach of the *flame* without *ignition*. Other test methods should be explored for such test specimens.

4.3.12 Vertical burning test for aircraft materials – FAR 25 [29]

4.3.12.1 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).

4.3.12.2 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. The test specimen span between a lower clamp and an upper pulley or rod is 24 inches.

4.3.12.3 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*.

4.3.12.4 Repeatability and reproducibility

No data are known to be available.

4.3.12.5 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.

4.4 Medium and *intermediate-scale* fire tests

4.4.1 Lateral *flame spread* on building and transport products – ISO 5658-2 [30]

4.4.1.1 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 [31].

4.4.1.2 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.

4.4.1.3 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.

4.4.1.4 Repeatability and reproducibility

Data obtained in an interlaboratory trial are given in the standard for “heat for sustained burning” (HSB) and for “critical heat flux at extinguishment” (CIE). Between five and eight laboratories reported data.

4.4.1.5 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 E1321 [32] 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.

4.4.2 Intermediate-scale fire test of vertical flame spread – ISO 5658-4 [33]

4.4.2.1 Purpose and principle

This part of ISO 5658 specifies an *intermediate-scale fire test* for measuring the vertical spread (upward and downward) of *flame* over a specimen of a product orientated in the vertical position. A measure of lateral spread can also be obtained. It provides data suitable for comparing the performance of materials, composites or assemblies, which are used as the exposed surfaces of walls or other vertically orientated products in construction applications. Some products with profiled surfaces can also be tested with a modified procedure representative of the end-use conditions of the product.

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 kW·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.

4.4.2.2 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.

4.4.2.3 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.

4.4.2.4 Repeatability and reproducibility

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 [34]. Data for the time to *ignition* and the area of *flame spread* are given in ISO 5658-4.

4.4.2.5 Relevance of test data

The test is applicable to the measurement and description of the properties of materials, products, composites or assemblies in response to radiative heat in the presence of non-impinging pilot *flames* under controlled laboratory conditions. 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*. The test should not be used alone to describe or appraise the *fire hazard* or *fire risk* of materials, products, composites or assemblies under actual *fire* conditions.

4.4.3 Plastics — Reaction to *fire* — Test method for *flame spread* and combustion product release from vertically oriented specimens – ISO 21367 [35]

4.4.3.1 Purpose and principle

This is a *medium-scale fire test* method for plastics for the determination of ignitability, the *surface spread of flame*, *heat release rate*, smoke production and falling droplets/particles. It simulates the early development stage of the *fire*. The test is limited to test specimens that have *heat release rates* of less than 10 kW.

4.4.3.2 Test specimen

Test specimens are essentially flat and are (700 ± 5) mm long by (500 ± 5) mm wide and have a maximum thickness of 90 mm. Three specimens are tested for each potentially exposed surface or orientation.

4.4.3.3 Test method

The test specimen is held in a vertical position in an open ventilation condition and is subjected to an irradiative heat source at its base in the presence of a pilot *flame*. The smoke and gases that are generated are collected by a hood in the extraction duct, where an oxygen depletion measurement device measures the *heat release rate*, and an opacimeter measures the smoke opacity. The vertical and lateral *flame spread* and the falling of flaming droplets and/or particles are measured. Data are recorded for at least 10 min and up to 21 min.

The radiant electric heater is designed to produce a uniform heat flux over the central 100 mm x 100 mm area exposed test specimen surface. It is capable producing up to 75 kW/m² when the distance between the radiant heater and the specimen is at least 50 mm.

Four zones are defined in order to classify the extent of *flame spread*.

4.4.3.4 Repeatability and reproducibility

Data are reported in an informative Annex in ISO 21367. Round robin test data from three laboratories are given for *heat release rate* calibration. Two laboratories provided R & r data on PVC-coated polyester fabrics for FIGRA and THR₆₀₀. Repeatability (r) data on oxygen depletion measurements for various products are reported by one laboratory. No data are given for *flame spread*.

NOTE 1: FIGRA is an abbreviation for Fire Growth Rate. Further information is given in IEC 60695-8-1 [36].

NOTE 2: THR₆₀₀ is Total Heat Release 600 s after a defined start time.

4.4.3.5 Relevance of test data

The test method can be used as a screening test for intermediate-scale and *large-scale fire tests* in addition to its use in factory production control, research and product development. It provides data that are suitable for comparing the reaction-to-*fire* performance of many materials, products, composites or assemblies under end use application conditions. Some of the data measured can be used for *fire* safety engineering purposes.

4.5 Intermediate and large-scale fire tests for cables

4.5.1 General

Many *large-scale fire tests* are in use all around the world, especially for dealing with the *fire* behaviour of cables [37] to [43]. A non-exhaustive list, covering the IEC methods and a selection of similar non-IEC methods, is presented here.

4.5.2 Vertical burning tests for cables (ladder tests)

4.5.2.1 Relevant standards

Several national and international standards are based on this method. A summary and comparison of IEC vertical ladder test methods is given in Table 2. A summary and comparison of non-IEC vertical ladder test methods is given in Table 3.

NOTE IEC TR 62222 concerns the *fire* performance of communication cables in buildings. Vertical ladder *flame spread* is one of the *fire* parameters that are discussed [44].

4.5.2.2 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.

4.5.2.3 Test specimens

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

4.5.2.4 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 [43], vertical *flame spread* is measured by a method similar to IEC 60332-3 [37]. 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.

4.5.2.5 Repeatability and reproducibility

The repeatability and reproducibility of EN 50399 has been reported by CENELEC [45] and by SP [46]. 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.

4.5.2.6 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*.

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. In some cases the data are suitable for *fire* safety engineering purposes.

NOTE The FIPEC (Fire Performance of Electric Cables) research programme [47] 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.

Table 2 – Summary and comparison of IEC 60332 vertical ladder test methods [37] ^{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 [or 3 ^{c)}]				
Recommended maximum <i>char length</i> from the bottom edge of the burner	2,5 m				
a) The apparatus is defined in IEC 60332-3-10.					
b) "NMV" is non-metallic volume					
c) In case of a disputed failure, two further tests shall be undertaken					

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 [48], Clause 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 Clause 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 3 – Summary and comparison of non-IEC vertical ladder test methods

	IEEE 383 [49]	ICEA T-29-520 [50]	IEEE 1202 [51]	ASTM D 5537 Protocol A [52] UL 1685 [53] UL Protocol CSA/UL 2556 (9.6) Method 1 Vertical tray [54], [55]	ASTM D 5537 Protocol B [52] UL 1685 [53] FT4/IEEE 1202 Protocol CSA/UL 2556 (9.6) Method 2 FT4 [54], [55]	CEI 20-22/2 [56]	EN 50399 [43] (j)
Burner power in kW (approx.)	21	62	21	21	21	30 (b)	20,5 or 30,0
Flame application time in min	20	20	20	20	20	60 (c), (d)	20
Alternate source	Oily rag	No	No	No	No	No	No
Burner placement (e)	610 mm 76 mm in back	300 mm 200 mm in back	305 mm 76 mm in front	457 mm 76 mm in back	305 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	Horizontal	20° up	Horizontal	Horizontal
Ladder length in m	2,44	2,44	2,44	2,44	2,44	4,5	3,5
Ladder width in m	0,305	0,305	0,305	0,305	0,305	0,5	0,5
Test specimen length in m	2,44	2,44	2,44	2,44	2,44	4,5	3,5
Width of test specimen in metres and mounting techniques	0,15 front only	0,15	full front only	0,15 front only	full front only	0,20 front and back	variable, but ~ 0,30 (k) front only
Cables to be bundled	No	No	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
Required air flow rate	Not applicable	Not applicable	0,65 m ³ /s	0,65 m ³ /s	0,65 m ³ /s	0,167 m ³ /s	8000 dm ³ /min (0,133 m ³ /s)
Test runs needed	3	2	2 or 4 (f)	1	1	1	1

Maximum <i>char length</i> from the bottom edge of the burner in m	2,44	2,44	1,786 (g)	2,44 (UL) (g) No requirement (ASTM)	1,786 (UL) (h), (i) 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 <i>flame spread</i> , heat release and smoke release. The same two test protocols are used in ASTM D 5424 [57] but for the measurement of <i>flame spread</i> 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 <i>flame spread</i> , 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 <i>flames</i> .							
c) The mounting refers to the relevant section of IEC 60332-3.							
d) The <i>ignition source</i> is an electrical oven set at a minimum distance from the cable surface.							
e) Height above bottom, distance from test specimen surface.							
f) If one of the first two tests results in a failure, a third and fourth test shall be done.							
g) A cable that meets the <i>flame spread</i> 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 m ² .s ⁻¹ and total smoke released not to exceed 95 m ² .							
h) The <i>char length</i> is measured from the lower edge of the burner face.							
i) The UL1685 FT4/IEEE1202 protocol and the CSA/UL 2556 Method 2- FT4 also contain pass/fail criteria for smoke obscuration as follows: peak smoke release rate not to exceed 0,40 m ² .s ⁻¹ and total smoke released not to exceed 150 m ² , which yields a listing of ST 1.							
j) EN 50399 is used to measure <i>flame spread</i> , heat release and smoke production. This test is used for four of the cable classifications [58] referenced in the European Construction Products Regulation [59].							
k) The width of the sample array is dependent on cable diameter and can be between 0,22 m and 0,32 m.							

4.5.3 Vertical burning test for cables – NF C 32-070 [60]

4.5.3.1 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*.

4.5.3.2 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.

4.5.3.3 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.

4.5.3.4 Repeatability and reproducibility

No data are known to be available.

4.5.3.5 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.

4.6 Real-scale fire tests for cables

4.6.1 Standard for test for *flame* propagation height of electrical and optical-fiber cables installed vertically in shafts – UL 1666 [61]

4.6.1.1 Purpose and principle

This test was developed to test the *flame* propagation of cables installed in vertical shafts (known as “riser” cables in North America). This test simulates a *fire* in a non-*flame*-stopped vertical shaft within a high-rise building. The chamber for the test is a three story block construction design. Cables are ignited by a gas burner placed on the floor of the second level. The *flame spread* is monitored visually and by temperature measurement to the next floor level.

4.6.1.2 Test specimen

The test specimens are lengths of power, communications or optical fibre cables. They are about 5 m long, extending from below the first floor level through the second level (12 ft high) and into the third level. Samples are mounted on a cable tray in one layer, touching, over a width of 300 mm.

4.6.1.3 Test method

The burner is mounted on the edge of the hole on the floor of the second level. A mixture of air and propane is burned for thirty minutes. The energy output of the burner is 154,6 kW (527,500 BTU/hr). The visual *flame spread* and temperature in the upper chamber are monitored.

A cable may be listed as a *riser cable* if the *flame* does not propagate up to the floor of the third level.

4.6.1.4 Repeatability and reproducibility

No data are known to be available.

4.6.1.5 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.

4.6.2 Horizontal *flame spread* test for cables – EN 50289-4-11 [62]

4.6.2.1 Test methods

Several national standards, e.g. NFPA 262 [63], are also based on this method.

4.6.2.2 Purpose and principle

EN 50289-4-11 specifies a horizontal *fire* test method for determining *flame* propagation distance, optical smoke density, total heat release, *heat release rate*, time to *ignition* and flaming droplets/particles for communication cables. It provides measurements of the *surface spread of flame* for wires and cables intended for use in horizontal concealed spaces. The cables are tested in a representative installed condition.

NOTE 1 The test design was originally developed by A. Steiner in 1943 for use with flat construction products. It was first standardised as ASTM E84 in 1950 and was widely known as the “Steiner tunnel test”.

NOTE 2 NFPA 262 measures *flame* propagation and smoke. *Heat release rate* measurement is optional.

4.6.2.3 Test chamber

The test chamber is 8,9 m long and its internal dimensions are (451 ± 6) mm wide and (305 ± 6) mm high. The base and sides are lined with insulating refractory bricks, and the top cover is a nominal 50 mm thick mineral composition insulation. One side of the chamber is provided with a row of observation windows.

4.6.2.4 Cable tray ladder

The ladder-type cable tray used to support the test specimens is $7\,300\text{ mm} \pm 51\text{ mm}$ long and $305\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$ wide. Each rung is $286\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$ long. The ladder is mounted horizontally and centrally in the test chamber about 200 mm above the floor of the chamber.

4.6.2.5 Test specimen

The test specimens are 7 320 mm $\pm$ 152 mm lengths of cables installed in a single layer on the cable tray ladder. The cable lengths are laid in parallel, straight rows without any space between them.

4.6.2.6 Test method

The cables are mounted on the horizontal ladder in a single layer and placed in the chamber. The air flow is controlled by an air-inlet shutter and an exhaust duct damper. The air flow is maintained at $(1,22 \pm 0,025)$ m s⁻¹. The test *flame* is ignited and the data acquisition system is started. The *ignition* source is a dual port methane gas diffusion *flame* burner, set at typically (88 ± 2) kW. The test *flame* extends downstream to a distance of 1,37 m over one end of the test specimen, with negligible upstream coverage.

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.

4.6.2.7 Repeatability and reproducibility

Interlaboratory tests were performed by five international laboratories [64]. The variable assessed was *flame* propagation.

4.6.2.8 Relevance of test data

This test is one of the most severe cable *fire* tests and was developed to test plenum cables. It is used to simulate a specific *fire scenario* involving movement of environmental air with a severe *fire* source and ventilation conditions.

NOTE A plenum is an area located above false ceilings where heating, ventilating or air-conditioning ducts are located, as well as communication cables and other utilities.

The method is able to replicate ISO 19706, *fire* stage 3b (see Table 1).

Some of the data obtained from the test may be used as input to evaluate the contribution of communication cables to the overall *fire hazard*, for research and product development, and as input to *fire* safety engineering calculations. The test method is used for determining *flame spread* for regulatory purposes in some countries.

5 Overview of methods and relevance of data

The methods outlined in Clause 4 are summarised in Table 4, in terms of limitations of the test method, and applicability to the *fire* stages defined in Table 1. These methods are based on a wide variety of physical *fire* models and test specimen geometries, which can have a major effect on way in which *flame spread* develops.

Product committees intending to adopt or modify any of these test methods shall ensure that the method is appropriate and suitable for the intended use.

Table 4 – Overview of *flame spread* methods

Scale and orientation	Test method and clause reference	Limitations on test specimen	Relevance to stage of fire						Limitations on use for regulatory purposes	Suitability of data format for input to fire safety engineering
			1(a)	1(b)	1(c)	2	3(a)	3(b)		
Small H and V	4.3.1 Horizontal and vertical 50 W and 500 W <i>flame</i> tests (IEC 60695-11-10 and IEC 60695-11-20)	Small samples of electrical insulating material. 125 mm x 13 mm Up to 13 mm thick	No	No	No	Yes	No	No	Not recommended	No
Small V	4.3.2 500 W vertical <i>flame</i> test method for tubular polymeric materials (IEC TS 60695-11-21)	Small samples of tubular polymeric material. At least 450 mm long.	No	No	No	Yes	No	No	Not recommended	No
Small V and 20° from V	4.3.3 Flexible insulating sleeving – Part 2: Methods of test, Clause 26: <i>Flame</i> propagation tests (IEC 60684-2:2011, Clause 26)	Small samples of flexible insulating sleeving. Method A: ≥ 450 mm long Method B: ~ 660 mm long Method A: ~ 560 mm long	No	No	No	Yes	No	No	Should only be used for products with the appropriate geometry and for the relevant <i>fire</i> stage	No
Small V	4.3.4 Vertical burning test for cables (IEC 60332-1)	Small samples of finished wire or cable. 600 mm long	No	No	No	Yes	No	No	Should only be used for products with the appropriate geometry and for the relevant <i>fire</i> stage	No
Small V	4.3.5 Vertical burning test for cables (IEC 60332-2)	Small samples of finished wire and cable that are not suitable for testing to IEC 60332-1. 600 mm long	No	No	No	Yes	No	No	Should only be used for products with the appropriate geometry and for the relevant <i>fire</i> stage	No
Small H	4.3.6 Flexible cellular polymeric materials – Laboratory assessment of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small <i>flame</i> (ISO 3582)	Small samples of cellular polymeric materials. 150 mm x 50 mm 5 mm ≤ t ≤ 13 mm	No	No	No	Yes	No	No	Not recommended	No

Scale and orientation	Test method and clause reference	Limitations on test specimen	Relevance to stage of fire						Limitations on use for regulatory purposes	Suitability of data format for input to fire safety engineering
			1(a)	1(b)	1(c)	2	3(a)	3(b)		
Small H	4.3.7 Horizontal burning rate for road vehicle materials (ISO 3795)	Small samples of materials used in automotive interiors. 356 mm x 100 mm Up to 13 mm thick.	No	No	No	Yes	No	No	Should only be used for the relevant <i>fire</i> stage	No
Small H	4.3.8 Cellular plastics – Determination of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small <i>flame</i> (ISO 9772)	Small samples of cellular plastics having a density less than 250 kg.m ⁻³ . 150 mm x 50 mm Up to 13 mm thick.	No	No	No	Yes	No	No	Not recommended	No
Small V	4.3.9 Plastics – Determination of burning behaviour of thin flexible vertical specimens in contact with a small- <i>flame</i> ignition source (ISO 9773)	Small samples of thin, flexible plastic materials. 200 mm x 50 mm Up to 0,25 mm thick.	No	No	No	Yes	No	No	Not recommended	No
Small H and V	4.3.10 Fire propagation apparatus (ISO 12136)	Small flat samples of materials. 102 mm x 102 mm or 96,5 mm in diameter 3 mm ≤ t ≤ 25,4 mm	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Should only be used for products with the appropriate geometry and for the relevant <i>fire</i> stage	Yes
Small V	4.3.11 Plastics – Vertical <i>flame spread</i> determination for film and sheet (ISO 12992)	Small samples of plastic film or sheet. 325 mm x 300 mm Up to 3 mm thick.	No	No	No	Yes	No	No	Not recommended	No
Small V and 30° from V	4.3.12 Vertical burning test for aircraft materials (FAR 25)	Small samples of aircraft materials. 50 mm x 30,5 mm at the min. qualified thickness. Wire samples: > 24 in.	No	No	No	Yes	No	No	Should only be used for products with the appropriate geometry and for the relevant <i>fire</i> stage	No

Scale and orientation	Test method and clause reference	Limitations on test specimen	Relevance to stage of fire						Limitations on use for regulatory purposes	Suitability of data format for input to fire safety engineering
			1(a)	1(b)	1(c)	2	3(a)	3(b)		
Medium V	4.4.1 Lateral flame spread on building and transport products (ISO 5658-2)	Samples 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. 800 mm x 155 mm Up to 70 mm thick.	No	No	No	Yes	No	No	Should only be used for products with the appropriate geometry and for the relevant fire stage	No N.B. Some data from the ASTM E1321 test, which uses the same test apparatus, can be used.
Intermediate V	4.4.2 Intermediate-scale test of vertical flame spread (ISO 5658-4)	Samples of essentially flat materials, composites or assemblies, which are used as the exposed surfaces of walls or other vertically orientated products in construction applications. 1 525 mm x 1 025 mm representative of the product.	No	No	No	Yes	No	No	Should only be used for products with the appropriate geometry and for the relevant fire stage	No
Medium V	4.4.3 Plastics — Reaction to fire — Test method for flame spread and combustion product release from vertically orientated specimens (ISO 21367)	Samples of essentially flat plastic materials. 700 mm x 500 mm Up to 90 mm thick.	No	No	No	Yes	No	No	Should only be used for products with the appropriate geometry and for the relevant fire stage	Yes
Intermediate and large V	4.5.2 Vertical burning tests for cables (ladder tests) (See Tables 2 and 3)	Lengths of power, communication or optical fibre cables. (See Tables 2 and 3)	No	No	No	Yes	No	No	Should only be used for products with the appropriate geometry and for the relevant fire stage	Yes, for some of the test methods
Intermediate V	4.5.3 Vertical burning test for cables (NF C 32-070)	One or more pieces of core of cable. Length $\geq$ 1 600 mm.	No	No	No	Yes	No	No	Should only be used for products with the appropriate geometry and for the relevant fire stage	No

Scale and orientation	Test method and clause reference	Limitations on test specimen	Relevance to stage of fire						Limitations on use for regulatory purposes	Suitability of data format for input to fire safety engineering
			1(a)	1(b)	1(c)	2	3(a)	3(b)		
Real V	4.6.1 Standard for Test for Flame Propagation Height of Electrical and Optical-Fiber Cables Installed Vertically in Shafts (UL 1666)	Single flat layer of cables. About 5 m long	No	No	No	Yes	No	No	Used for regulatory purposes for <i>riser cables</i>	No
Real H	4.6.2 Horizontal <i>flame spread</i> test for cables (EN 50289-4-11)	Single flat layer of cables. 7,32 m long	No	No	No	No	No	Yes	Should only be used for products with the appropriate geometry and for the relevant <i>fire</i> stage	Yes (for heat release and smoke)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-9-2:2021

Bibliography

- [1] IEC 60695-1-11, *Fire hazard testing – Part 1-11: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Fire hazard assessment*
- [2] IEC 60695-1-12, *Fire hazard testing – Part 1-12: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Fire safety engineering*
- [3] IEC 60695-11-10, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*
- [4] IEC 60695-11-20, *Fire hazard testing – Part 11-20: Test flames – 500 W flame test method*
- [5] IEC TS 60695-11-21:2005, *Fire hazard testing – Part 11-21: Test flames – 500 W vertical flame test method for tubular polymeric materials*
- [6] IEC 60695-11-3, *Fire hazard testing – Part 11-3: Test flames – 500 W flames – Apparatus and confirmational test methods*
- [7] IEC 60684-2:2011, *Flexible insulating sleeving – Part 2: Methods of test*
- [8] IEC 60684-3, *Flexible insulating sleeving – Part 3: Specifications for individual types of sleeving*
- [9] IEC 60332-1, *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions*
- [10] IEC 60332-2, *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions*
- [11] ISO 3582, *Flexible cellular polymeric materials – Laboratory assessment of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small flame*
- [12] ISO 3795, *Road vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry – Determination of burning behaviour of interior materials*
- [13] ISO 9772, *Cellular plastics – Determination of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small flame*
- [14] ISO TR 10093:2018, *Plastics – Fire tests – Standard ignition sources*
- [15] ISO 9773, *Plastics – Determination of burning behaviour of thin flexible vertical specimens in contact with a small-flame ignition source*
- [16] ISO 12136, *Reaction to Fire Tests – Measurement of Material Properties Using a Fire Propagation Apparatus*, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland
- [17] ASTM E2058, *Standard Test Methods for Measurement of Synthetic Polymer Material Flammability Using a Fire Propagation Apparatus (FPA)*, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA
- [18] NFPA 287, *Standard Test Methods for Measurement of Flammability of Materials in Cleanrooms Using a Fire Propagation Apparatus (FPA)*
- [19] 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
- [20] 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
- [21] 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
- [22] 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
- [23] 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
- [24] 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)
- [25] Boardman, D., Khan, M.M., *The Effectiveness of Coatings on the Flame Spread Behavior of Electric Cables*, Fire and Materials Conference 2013, January 2013
- [26] 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)
- [27] ISO 12992, *Plastics – Vertical flame spread determination for film and sheet*
- [28] ISO 11925-2, *Reaction to fire tests – Ignitability of products*
- [29] 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)
- [30] ISO 5658-2, *Reaction to fire tests – Spread of flame – Part 2: Lateral spread on building and transport products in vertical configuration*
- [31] IMO Resolution A.653(16), *Recommendation on Improved Fire Test Procedures for Surface Flammability of Bulkhead, Ceiling and Deck Finish Materials*
- [32] ASTM E1321, *Standard Test Method for Determining Material Ignition and Flame Spread Properties*
- [33] ISO 5658-4, *Reaction to fire tests – Spread of flame – Part 4: Intermediate-scale test of vertical spread of flame with vertically oriented specimen*
- [34] ISO 5725 (series), *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results*
- [35] ISO 21367, *Plastics – Reaction to fire – Test method for flame spread and combustion product release from vertically oriented specimens*

- [36] IEC 60695-8-1, *Fire hazard testing – Part 8-1: Heat release – General guidance*
- [37] 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*
- [38] Hirschler, M. M., *Survey of fire testing of electrical cables*, Fire and Materials, V16(3), 107-118, 1992
- [39] 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
- [40] 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
- [41] Caudill, L., Hoover, J. R., Chapin, T., Walnock, J., *Fire testing of Communication Cables*, FRCA, 1995
- [42] 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
- [43] 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*
- [44] IEC/TR 62222, *Fire performance of communication cables in buildings*
- [45] CLC TC20/Sec1576/INF, *prEN 50399 – Round-Robin evaluation*, CENELEC, Brussels, June 2008
- [46] CEMAC – *CE Marking of Cables*, Fire Technology SP Report 2010:27, ISBN 978-91-86319-65-6, ISSN 0284-5172, Borås 2010
- [47] *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
- [48] EN 50305:2002: *Railway applications- Railway rolling stock cables having special fire performance – Test methods*
- [49] IEEE 383:1974: *Standard for Type test of Class IE Electric cables, Field Splices and Connections for Nuclear Power Generating stations – Part 2.5: Flame Tests*
- [50] ICEA T-29-520: *Conducting Vertical Cable Tray Flame Test with Theoretical Heat Release Input Rate of 210,000 B.T.U./Hour*
- [51] IEEE 1202: *Standard for Flame Testing of Cables for Use in Cable Trays in Industrial and Commercial Occupancies*

- [52] 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*
 - [53] UL 1685: *UL Standard for Safety – Standard for Vertical-Tray Fire-Propagation and Smoke-Release Test for Electrical and Optical-Fibre Cables*
 - [54] CSA C22.2 No.2556: *Wire and Cable Test Methods*
 - [55] UL 2556: *UL Standard for safety for Wire and Cable Test Methods*
 - [56] CEI 20-22/2: *Fire tests on electrical cables – Part 2: Fire propagation test*
 - [57] 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*
 - [58] EN 13501-6, *Fire classification of construction products and building elements – Part 6: Classification using data from reaction to fire tests on electric cables*
 - [59] *Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC*
 - [60] NF C 32-070: *Essai de classification des conducteurs et cables du point de vue de leur comportement au feu*
 - [61] UL 1666: *UL Standard for Safety – Standard Test for Flame Propagation Height of Electrical and Optical-Fibre Cables Installed Vertically in Shafts*
 - [62] EN 50289-4-11: *Communication cables. Specifications for test methods. Environmental test methods. A horizontal integrated fire test method*
 - [63] NFPA 262: *Standard Method of Test for Flame Travel and Smoke of Wires and Cables for Use in Air-Handling Spaces*
 - [64] *International NFPA 262 Fire Test Harmonization Project*, The Fire Protection Research Foundation, Batterymarch Park, Quincy Mass. USA
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	44
INTRODUCTION	46
1 Domaine d'application	47
2 Références normatives	47
3 Termes et définitions	48
4 Résumé des méthodes d'essai publiées	52
4.1 Généralités	52
4.2 Modèle physique du feu	52
4.3 Essais au feu à petite échelle	54
4.3.1 Essai horizontal et essai vertical à la flamme de 50 W et de 500 W – IEC 60695-11-10 et IEC 60695-11-20	54
4.3.2 Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-21: Flammes d'essai – Méthode d'essai à la flamme verticale de 500 W pour matériaux tubulaires polymères – IEC TS 60695-11-21 [5]	54
4.3.3 Gaines isolantes souples – Partie 2: Méthodes d'essai, Article 26: Essais de propagation de la flamme – IEC 60684-2:2011 [7], Article 26	55
4.3.4 Essai de combustion vertical des câbles – IEC 60332-1 [9]	57
4.3.5 Essai de combustion vertical des câbles – IEC 60332-2 [10]	57
4.3.6 Matières alvéolaires polymères souples – Méthode de laboratoire pour la détermination des caractéristiques de combustion de petites éprouvettes soumises, en position horizontale, à une petite flamme – ISO 3582 [11]	58
4.3.7 Vitesse de combustion horizontale pour les matériaux des véhicules routiers – ISO 3795 [12]	59
4.3.8 Plastiques alvéolaires – Détermination des caractéristiques de combustion de petites éprouvettes en position horizontale, soumises à une petite flamme – ISO 9772 [13]	60
4.3.9 Plastiques – Détermination du comportement au feu d'éprouvettes minces verticales souples au contact d'une petite flamme comme source d'allumage – ISO 9773 [15]	61
4.3.10 Appareillage de propagation du feu – ISO 12136 [16]	62
4.3.11 Plastiques – Détermination de la propagation verticale de la flamme sur films et feuilles – ISO 12992 [27]	64
4.3.12 Essai de combustion verticale pour les matériaux d'aéronefs – FAR 25 [29]	64
4.4 Essais au feu à échelles moyenne et intermédiaire	65
4.4.1 Propagation latérale des flammes sur les produits de bâtiment et de transport – ISO 5658-2 [30]	65
4.4.2 Essai au feu à échelle intermédiaire de la propagation de la flamme verticale – ISO 5658-4 [33]	66
4.4.3 Plastiques — Réaction au feu — Méthode d'essai de propagation de flamme et de dégagement de produits de combustion à partir d'éprouvettes orientées verticalement – ISO 21367 [35]	67
4.5 Essais au feu à échelle intermédiaire et à grande échelle pour les câbles	68
4.5.1 Généralités	68
4.5.2 Essais de combustion verticale pour câbles (essais à l'échelle)	68
4.5.3 Essai de combustion verticale des câbles – NF C 32-070 [60]	73

4.6	Essais au feu en grandeur réelle pour les câbles	73
4.6.1	Standard for test for flame propagation height of electrical and optical-fiber cables installed vertically in shafts – UL 1666 [61] (disponible en anglais seulement)	73
4.6.2	Essai de propagation de la flamme horizontale des câbles – EN 50289-4-11 [62]	74
5	Présentation générale des méthodes et pertinence des données	76
	Bibliographie	81
	Tableau 1 – Caractéristiques des stades de développement d'un feu (ISO 19706:2011)	53
	Tableau 2 – Résumé et comparaison des méthodes d'essai à l'échelle verticale de l'IEC 60332 [37] ^{a)}	70
	Tableau 3 – Résumé et comparaison des méthodes d'essai à l'échelle verticale non IEC	71
	Tableau 4 – Présentation générale des méthodes de propagation de flamme	77

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-9-2:2021

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 (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 du présent document de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

La Norme internationale IEC 60695-9-2 a été établie par le comité d'études 89 de l'IEC: Essais relatifs aux risques du feu.

Elle a le statut d'une publication fondamentale de sécurité conformément au Guide IEC 104.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition de l'IEC 60695-9-2 parue en 2014. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) Mise à jour de l'introduction
- b) Mise à jour des références normatives
- c) Mise à jour des termes et définitions

- d) Nouveaux Paragraphes 4.1 et 4.2
- e) Référence aux stades d'incendie tels qu'ils sont définis dans l'ISO 19706 (Tableau 1)
- f) Nouvelle répartition des essais dans les paragraphes suivants:
- 4.3 Essais au *feu* à petite échelle
 - 4.4 Essais au feu à échelles moyenne et intermédiaire
 - 4.5 Essais au feu à échelle intermédiaire et à grande échelle pour les câbles
 - 4.6 Essais au feu en grandeur réelle pour les câbles
- g) Mise à jour du texte de certaines parties de l'Article 4
- h) Ajout des méthodes d'essai suivantes:
- IEC TS 60695-11-21
 - IEC 60684-2:2011, Article 26
 - ISO 3582
 - ISO 9772
 - ISO 9773
 - ISO 12992
 - ISO 21367
- i) Nouvel Article 5 et nouveau Tableau 4 qui donnent une vue générale des méthodes d'essai
- j) Suppression de toutes les Annexes
- k) Mise à jour de la bibliographie

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
89/1469/CDV	89/1505/RVC

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série 60695, publiées sous le titre général *Essais relatifs aux risques du feu*, est disponible sur le site web de l'IEC.

Cette Norme internationale doit être utilisée conjointement avec l'IEC 60695-9-1.

Dans cette norme, les caractères suivants sont utilisés:

termes définis à l'Article 3: caractères italiques

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

Lors de la conception d'un produit électrotechnique, il est nécessaire de tenir compte du risque d'incendie et des dangers potentiels liés au feu. De ce fait, l'objectif de la conception du composant, du circuit et des équipements, ainsi que l'objectif du choix des matériaux, consistent à réduire le risque d'incendie à un niveau tolérable, même en cas de mauvais usage raisonnablement prévisible, de dysfonctionnement ou de défaillance.

L'IEC 60695-1-10, l'IEC 60695-1-11 [1]¹ et l'IEC 60695-1-12 [2] fournissent des recommandations relatives aux exigences correspondantes.

Les incendies impliquant des produits électrotechniques peuvent également être provoqués par des sources externes non électriques. Ces problèmes sont traités lors d'une évaluation globale du *danger d'incendie*.

La série IEC 60695 a pour objet de sauver des vies humaines et de protéger les biens matériels en réduisant le nombre d'incendies ou en limitant leurs conséquences. Pour ce faire, il est possible:

- de tenter d'empêcher l'*allumage* provoqué par un composant mis sous tension et, en cas d'*allumage*, de circonscrire l'incendie à l'intérieur des limites de l'enveloppe du produit électrotechnique;
- de tenter de réduire le plus possible la *propagation de flamme* au-delà de l'enveloppe du produit et les effets nocifs des effluents du feu, y compris la chaleur, la fumée et les produits de *combustion* toxiques ou corrosifs.

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* type dans les bâtiments. Il est, par conséquent, utile de mesurer la vitesse et l'étendue de la *propagation de flamme en surface*.

La présente partie de l'IEC 60695-9 décrit les méthodes d'essai relatives à la *propagation de flamme 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 IEC 60695-9 qui fournit les recommandations aux comités de produits souhaitant incorporer les méthodes d'essai de *propagation de flamme en surface* dans les normes de produits.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

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 l'IEC 60695-9 propose un résumé des méthodes d'essai publiées utilisées pour déterminer la *propagation de flamme 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'ont pas été élaborées par l'IEC ne doivent pas être considérées comme étant entérinées par l'IEC, 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 IEC 104 et dans le Guide ISO/IEC 51.

L'une des responsabilités d'un comité d'études consiste, le cas échéant, à utiliser les publications fondamentales de sécurité dans le cadre de l'élaboration de ses publications. 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 dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60695-1-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 1-10: Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Lignes directrices générales*

IEC 60695-4:2012, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 4: Terminologie relative aux essais au feu pour les produits électrotechniques*

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

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

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

ISO 13943: 2017, *Sécurité au feu – Vocabulaire*

ISO 19706:2011, *Lignes directrices pour l'évaluation des dangers du feu pour les personnes*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'IEC 60695-4:2012 et l'ISO 13943:2017 (dont certains sont repris ci-dessous) ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

longueur brûlée

longueur maximale dans une direction spécifiée de la surface brûlée

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

Note 2 à l'article: À comparer avec le terme *longueur endommagée* (3.5).

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.37]

3.2

longueur carbonisée

longueur de la surface calcinée

Note 1 à l'article: À comparer avec les termes *longueur brûlée* (3.1) et *longueur endommagée* (3.5).

Note 2 à l'article: Dans certaines normes, la *longueur carbonisée* est définie par une méthode d'essai spécifique.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.49]

3.3

combustible, substantif

objet susceptible de donner lieu à une *combustion* (3.4)

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.53]

3.4

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* (3.11) et/ou d'incandescence.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.55]

3.5

longueur endommagée

longueur maximale dans une direction spécifiée de la surface endommagée

Note 1 à l'article: À comparer avec les termes *longueur carbonisée* (3.2) et *longueur brûlée* (3.1).

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.73]

3.6

feu

⟨général⟩ processus de *combustion* (3.4) caractérisé par l'émission de chaleur et d'effluents du *feu* et généralement accompagné par de la fumée, des *flammes* (3.11), 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 se rapportent à des types spécifiques de *combustion* autoentretenue ayant des significations différentes. Deux de ces concepts sont désignés par deux termes différents, tant en français qu'en allemand.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.114]

3.7

feu

⟨contrôlé⟩ *combustion* (3.4) autoentretenue qui a été délibérément organisée pour produire des effets utiles et dont l'extension dans le temps et l'espace est contrôlée

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.115]

3.8

feu

⟨non contrôlé⟩ *combustion* (3.4) autoentretenue qui n'a pas été délibérément organisée pour produire des effets utiles et dont l'extension dans le temps et l'espace n'est pas contrôlée

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.116]

3.9

danger d'incendie

dommage potentiel associé à un *feu* (3.8)

Note 1 à l'article: Un *danger d'incendie* peut également être un objet physique ou une condition susceptible d'entraîner des conséquences non souhaitables causées par un incendie.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.131]

3.10

scénario d'incendie

description qualitative du déroulement d'un *incendie* (3.8) 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* (3.18) et de croissance du *feu*, le stade de *feu pleinement développé* (3.16), le stade de déclin du *feu*, ainsi que l'environnement et les systèmes qui interviennent dans le déroulement de l'incendie.

Note 2 à l'article: Contrairement à une analyse d'incendie déterministe où les scénarios d'incendie sont individuellement sélectionnés et utilisés en tant que scénarios d'incendie de dimensionnement, une évaluation du risque d'incendie utilise les scénarios d'incendie en tant que scénarios représentatifs au sein de groupes de scénarios d'incendie.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.152 modifiée – la Note 1 a été supprimée car elle n'était pas pertinente]

3.11

flamme

zone dans laquelle il existe une propagation subsonique, autoentretenue et rapide de la *combustion* (3.4) dans un milieu gazeux, généralement accompagnée d'une émission de lumière

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.159 – modifiée par l'ajout de "zone dans laquelle il existe"]

3.12

front de flamme

limite de la zone de *combustion* avec *flamme* à la surface d'un matériau ou de propagation dans un mélange gazeux

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.162]

3.13

propagation de flamme

progression d'un *front de flamme* (3.12)

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.168]

3.14

vitesse de propagation de flamme

DÉCONSEILLÉ: vitesse massique de brûlage

DÉCONSEILLÉ: vitesse de *combustion*

distance parcourue, par unité de temps, par un *front de flamme* (3.12) lors de sa propagation, dans des conditions spécifiées

Note 1 à l'article: Il est exprimé en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.169]

3.15

embrasement généralisé – flashover

⟨stade d'incendie⟩ passage à l'état de *combustion* généralisée en surface des matériaux combustibles exposés à un *feu* (3.8) dans une enceinte

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.184]

3.16

feu pleinement développé

état dans lequel l'ensemble des matériaux combustibles est impliqué dans un *incendie* (3.6)

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.192]

3.17

débit calorifique

DÉCONSEILLÉ: vitesse massique de brûlage

DÉCONSEILLÉ: vitesse de *combustion*

énergie calorifique produite par unité de temps par la *combustion* (3.4)

Note 1 à l'article: Il est exprimé en W.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.206]

3.18

allumage

DÉCONSEILLÉ: allumage persistant

⟨général⟩ amorçage de la *combustion* (3.4)

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.217]

3.19

source d'allumage

source d'énergie qui provoque une *combustion* (3.4)

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.219]

3.20

essai au feu à échelle intermédiaire

essai au *feu* effectué sur une éprouvette d'essai de dimensions moyennes

Note 1 à l'article: Un essai au *feu* effectué sur une éprouvette d'essai dont la dimension maximale est située entre 1 m et 3 m est généralement appelé "*essai au feu à échelle intermédiaire*".

Note 2 à l'article: Les dimensions indiquées dans la Note 1 à l'article font généralement référence à des essais de réaction au *feu* et non à des essais de résistance au *feu*.

Note 3 à l'article: L'ISO 29903 considère les dimensions moyennes comme étant celles dont la dimension maximale est comprise entre 1 m et 3 m.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.233]

3.21

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 au feu à grande échelle*".

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.239]

3.22

essai au feu à moyenne échelle

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

Note 1 à l'article: Un essai au *feu* effectué sur une éprouvette d'essai dont la dimension maximale est située entre 0,5 m et 1,0 m est souvent appelé "*essai au feu à moyenne échelle*".

Note 2 à l'article: Les dimensions indiquées dans la Note 1 à l'article font généralement référence à des essais de réaction au *feu* et non à des essais de résistance au *feu*, pour lesquels une dimension maximale de 1 m correspond à un essai à petite échelle.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.269]

3.23

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* (3.6) avant que la *combustion* avec *flamme* ne commence.

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: 2017, définition 3.316]

3.24

essai au feu en grandeur réelle

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

Note 1 à l'article: Cet essai suppose que les produits seront utilisés suivant les conditions fixées par le prescripteur ou/et suivant les règles de l'art.

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.325]

3.25

câble de colonne montante

câble posé verticalement entre les étages d'un bâtiment

Note 1 à l'article: Le terme anglais "riser cable" est surtout utilisé en Amérique du Nord.

3.26

essai au feu à petite échelle

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

Note 1 à l'article: Il n'y a pas de limite supérieure clairement définie pour les dimensions de l'éprouvette d'un *essai au feu à petite échelle*. Dans certains cas, un *essai au feu* effectué sur une éprouvette dont la dimension maximale est inférieure à 1 m est appelé "*essai au feu à petite échelle*". Toutefois, un *essai au feu* effectué sur une éprouvette dont la dimension maximale est située entre 0,5 m et 1,0 m est souvent appelé "*essai au feu à moyenne échelle*".

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.346]

3.27

propagation de flamme en surface

propagation de flamme (3.13) à partir d'une source d'*allumage* (3.18) éloignée sur la surface d'un liquide ou d'un solide

[SOURCE: ISO 13943: 2017, définition 3.378]

4 Résumé des méthodes d'essai publiées

4.1 Généralités

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

Dans les cas où les essais au *feu* ne sont pas encore définis et appellent un développement ou une modification pour les besoins spécifiques d'un comité d'études de l'IEC, les travaux correspondants doivent être entrepris conjointement avec le comité d'études pertinent de l'IEC, comme le stipule le Guide 104 de l'IEC. La ou les méthodes sélectionnées doivent être pertinentes par rapport au *scénario d'incendie* examiné. L'IEC 60695-1-10 donne des recommandations sur la sélection et la pertinence des essais au *feu* pour les produits électrotechniques.

L'IEC 60695-9-1 donne des recommandations générales sur les essais de *propagation de flamme en surface* pour les produits électrotechniques.

4.2 Modèle physique du feu

La *propagation de flamme* n'est pas une propriété intrinsèque d'un matériau ou d'un produit; elle dépend cependant de manière essentielle des conditions dans lesquelles ce matériau ou ce produit est brûlé. L'IEC 60695-9-1 décrit les différents facteurs qui affectent la *propagation de flamme*.

Il est important de noter que les conditions d'essai définies dans une méthode d'essai normalisée (le modèle physique du *feu*) sont pertinentes pour un *feu* réel et en reproduisent le stade souhaité. L'ISO a publié une classification générale des stades d'incendie dans l'ISO 19706:2011 présentée dans le Tableau 1.

4.3 Essais au *feu* à petite échelle

4.3.1 Essai horizontal et essai vertical à la *flamme* de 50 W et de 500 W – IEC 60695-11-10 et IEC 60695-11-20

4.3.1.1 But et principe

L'IEC 60695-11-10 [3] décrit un essai qui utilise une *flamme* de 50 W. L'IEC 60695-11-20 [4] décrit un essai qui utilise une *flamme* de 500 W. 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.

4.3.1.2 Éprouvette d'essai

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

4.3.1.3 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 *flamme* (classification V).

4.3.1.4 Répétabilité et reproductibilité

Les données sont disponibles dans les Annexes A et B de l'IEC 60695-11-10:2013 et l'Annexe A de l'IEC 60695-11-20:2015.

4.3.1.5 Pertinence des données d'essai

Ces méthodes d'essai sont utilisées pour évaluer les matériaux. Les méthodes d'essai fournissent des classifications qui peuvent être utilisées pour l'assurance qualité, la présélection de matériaux des composants de produits, ou en vue de vérifier la classification d'inflammabilité minimale exigée 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 et la conception et le transfert thermique aux parties métalliques adjacentes, influent considérablement sur l'inflammabilité des matériaux isolants électriques utilisés.

4.3.2 Essais relatifs aux risques du *feu* – Partie 11-21: *Flammes* d'essai – Méthode d'essai à la *flamme* verticale de 500 W pour matériaux tubulaires polymères – IEC TS 60695-11-21 [5]

4.3.2.1 But et principe

Le présent document décrit une procédure de laboratoire à petite échelle (réussite/échec) fondée sur les caractéristiques de *combustion* comparatives des matériaux polymères tubulaires. Une *flamme* est appliquée à des éprouvettes maintenues en position verticale, soutenues par un fil ou un mandrin. Après le retrait de la *flamme* d'essai, les temps d'extinction et les caractéristiques de *combustion* sont déterminés.

4.3.2.2 Éprouvette d'essai

Les éprouvettes d'essai sont des échantillons de matériau polymère tubulaire d'au moins 450 mm de longueur.

4.3.2.3 Méthode d'essai

Un brûleur conforme à l'IEC 60695-11-3 [6], Méthode A, est utilisé. Il fournit une *flamme* de méthane de prémélange d'une puissance nominale de 500 W.

L'éprouvette d'essai est fixée avec un fil ou un mandrin avec son axe longitudinal à la verticale. Un indicateur est fixé à l'éprouvette d'essai, son bord inférieur étant situé à (250 ± 2) mm au-dessus du point auquel le cône intérieur bleu de la *flamme* d'essai entre en contact avec l'éprouvette d'essai. Une couche horizontale plate de coton est placée sous l'éprouvette d'essai.

La *flamme* est appliquée pendant $(15 \pm 0,5)$ s sur le côté de l'éprouvette d'essai en un point proche de son bord inférieur. Elle est ensuite retirée pendant $(15 \pm 0,5)$ s. Le temps de persistance de la *flamme*, t , est noté. L'opération est répétée jusqu'à ce que l'éprouvette d'essai ait été soumise à cinq applications de la *flamme* d'essai. Lorsque l'inflammation de l'éprouvette d'essai dure plus de 15 s après l'application précédente de la *flamme* d'essai, la *flamme* d'essai n'est pas réappliquée jusqu'à ce que l'inflammation de l'éprouvette d'essai s'arrête d'elle-même. La *flamme* d'essai est réappliquée dès l'arrêt de l'inflammation de l'éprouvette d'essai.

L'éprouvette d'essai est considérée comme satisfaisant à l'essai si trois critères s'appliquent à chacune des trois éprouvettes d'essai. Ces critères sont:

- a) l'éprouvette d'essai ne flambe pas plus de 60 s suivant chacune des cinq applications de 15 s de la *flamme* d'essai;
- b) les débris enflammés provenant de l'éprouvette d'essai n'allument pas le tampon de coton; et
- c) l'indicateur n'est pas endommagé de plus de 25 % pendant, entre, ou après les cinq applications de la *flamme* d'essai.

4.3.2.4 Répétabilité et reproductibilité

Aucune donnée n'est fournie.

4.3.2.5 Pertinence des données d'essai

Cette méthode d'essai peut être utilisée pour comparer les caractéristiques de *combustion* des matériaux polymères tubulaires. Elle peut être utilisée pour comparer les performances relatives des matériaux, pour aider dans le cadre de la sélection des matériaux, à des fins de contrôle de la qualité et pour l'assurance de la qualité.

Elle ne doit pas être utilisée pour comparer les caractéristiques de *combustion* des fils ou des câbles ou de tout système de gestion de câbles.

4.3.3 Gains isolantes souples – Partie 2: Méthodes d'essai, Article 26: Essais de propagation de la *flamme* – IEC 60684-2:2011 [7], Article 26

4.3.3.1 But et principe

Trois procédures de laboratoire à petite échelle sont décrites dont les sévérités des essais sont différentes. Ces procédures permettent de déterminer les caractéristiques de *combustion* des gaines isolantes souples. Les méthodes A et B sont des essais de *combustion* à la verticale. La méthode C soumet à l'essai un échantillon positionné à 20° de la verticale.

NOTE L'IEC 60684-3 [8] indique les essais qu'il convient d'appliquer à un type particulier ou une classe particulière de gaine.

4.3.3.2 Méthode A

4.3.3.2.1 Éprouvette d'essai

Les éprouvettes d'essai ont une longueur minimale de 450 mm. La gaine thermorétractable est rétreinte avant l'essai. Le diamètre de la gaine est inférieur ou égal à 10 mm.

NOTE Pour la gaine thermorétractable, cette dimension est le diamètre de rétreint spécifié.

4.3.3.2.2 Méthode d'essai

Les essais sont réalisés conformément à l'IEC TS 60695-11-21:2005; sauf en ce qui concerne la source de chaleur qui est celle définie au 26.3 de l'IEC 60684-2:2011.

4.3.3.3 Méthode B

4.3.3.3.1 Éprouvette d'essai

Les éprouvettes d'essai ont une longueur d'environ 660 mm (rétreintes dans le cas des gaines thermorétractables). Elles sont glissées sur une corde de piano de 900 mm de longueur. L'extrémité supérieure de la gaine est obturée pour éviter tout tirage pendant la *combustion*.

4.3.3.3.2 Méthode d'essai

Les essais sont réalisés conformément à l'IEC TS 60695-11-21:2005; sauf en ce qui concerne la source de chaleur qui est celle définie au 26.3 de l'IEC 60684-2:2011.

4.3.3.4 Méthode C

4.3.3.4.1 Éprouvette d'essai

Les éprouvettes d'essai ont une longueur d'environ 560 mm (rétreintes dans le cas des gaines thermorétractables). Elles sont glissées sur une corde de piano de 800 mm de longueur. L'extrémité supérieure de la gaine est obturée pour éviter tout tirage pendant la *combustion*.

4.3.3.4.2 Méthode d'essai

La source de chaleur est celle définie au 26.3 de l'IEC 60684-2:2011. Un indicateur est fixé à l'éprouvette d'essai, son bord inférieur étant situé à (250 ± 2) mm au-delà du point auquel le cône intérieur bleu de la *flamme* d'essai entre en contact avec l'éprouvette d'essai. Il n'y a pas de couche de coton.

L'éprouvette d'essai est soutenue de manière à être positionnée à 20° de la verticale et la *flamme* est appliquée selon un angle de 45° par rapport à l'éprouvette d'essai. La *flamme* est appliquée pendant 15 s sur le côté de l'éprouvette d'essai en un point proche de son bord inférieur. La durée de *flamme* résiduelle est consignée ainsi que la *longueur brûlée* de l'éprouvette.

4.3.3.5 Répétabilité et reproductibilité

Aucune donnée n'est fournie

4.3.3.6 Pertinence des données d'essai

Ces méthodes d'essai sont utilisées afin de déterminer si les produits satisfont aux spécifications données dans l'IEC 60684-3. Elles peuvent également être utilisées à des fins de contrôle de la qualité et pour l'assurance de la qualité.

4.3.4 Essai de *combustion* vertical des câbles – IEC 60332-1 [9]

4.3.4.1 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*. L'IEC 60332-1-1 définit l'appareillage d'essai. L'IEC 60332-1-2 définit la procédure. La *longueur carbonisée* d'une éprouvette d'essai verticale, exposée à une *flamme* de 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. L'IEC 60332-1-3 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 achevé – voir 4.1.3.

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

4.3.4.2 Éprouvette d'essai

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

4.3.4.3 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 durée liée au diamètre extérieur de l'éprouvette d'essai. La *longueur endommagée* de l'éprouvette d'essai est ensuite consignée.

4.3.4.4 Répétabilité et reproductibilité

Il n'existe pas de données connues disponibles.

4.3.4.5 Pertinence des données d'essai

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*.

Il n'est pas possible de faire l'hypothèse que l'utilisation du conducteur ou du câble isolé, qui retarde la propagation de *flamme* et qui est conforme aux exigences de la présente norme, empêche en soi la propagation de l'incendie dans toutes les conditions d'installation. Ci-après deux exemples desdites conditions:

- 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 convient de prendre des précautions particulières d'installation.

4.3.5 Essai de *combustion* vertical des câbles – IEC 60332-2 [10]

4.3.5.1 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 l'IEC 60332-1 n'est pas appropriée – voir 4.1.2.1. L'IEC 60332-2-1 définit l'appareillage

d'essai. L'IEC 60332-2-2 définit la procédure. Le mesurage de 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 effectué. 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.

4.3.5.2 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 longueur.

4.3.5.3 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 fixée 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 consignée.

4.3.5.4 Répétabilité et reproductibilité

Il n'existe pas de données connues disponibles.

4.3.5.5 Pertinence des données d'essai

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 du présent document, n'est pas suffisante en soi pour 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. Il n'est pas possible de faire l'hypothèse que, du fait que l'éprouvette d'essai de câble est conforme à la performance exigée dans la présente norme, les câbles en faisceaux se comporteront d'une manière similaire.

4.3.6 Matières alvéolaires polymères souples – Méthode de laboratoire pour la détermination des caractéristiques de *combustion* de petites éprouvettes soumises, en position horizontale, à une petite *flamme* – ISO 3582 [11]

4.3.6.1 But et principe

Il s'agit d'une procédure de contrôle à petite échelle en laboratoire destinée à comparer les caractéristiques relatives de *combustion* de petites éprouvettes d'essai de matériaux polymères alvéolaires souples, lorsqu'elles sont soumises, en position horizontale, à une source de chaleur de faible énergie.

4.3.6.2 Éprouvette d'essai

La longueur des éprouvettes d'essai est de $(150 \pm 1) \text{ mm}$ et leur largeur de $(50 \pm 1) \text{ mm}$. L'épaisseur est comprise entre 5 mm et 13 mm . Dix éprouvettes d'essai sont évaluées.

4.3.6.3 Méthode d'essai

Un brûleur de laboratoire équipé d'un embout papillon est utilisé. Son diamètre intérieur est de $(9,5 \pm 0,5) \text{ mm}$. Un gaz combustible hydrocarboné est utilisé, par exemple du propane. La *flamme* est définie par sa taille et sa température. Le brûleur et la pression du gaz sont réglés

de manière à obtenir une *flamme* bleue atteignant une température de $(1\,000 \pm 100)^\circ\text{C}$ à (13 ± 1) mm au-dessus de l'embout papillon. La partie visible de la *flamme* est à (38 ± 1) mm de hauteur avec un cône intérieur de (6 ± 1) mm de hauteur.

L'éprouvette d'essai est disposée à plat sur un support grillagé et la *flamme* est appliquée à l'une de ses extrémités pendant 60 s. Une *vitesse de propagation de flamme* est calculée, si possible, dès que la *flamme* atteint une marque située à 25 mm de l'extrémité la plus éloignée de l'éprouvette d'essai. Si la *flamme* n'atteint pas la marque, une *vitesse de combustion* est calculée en divisant la *longueur brûlée* par le temps écoulé jusqu'à l'extinction de la *flamme*.

Pour certains matériaux dont la *combustion* se produit seulement sur la partie supérieure de l'éprouvette d'essai, la perte de masse est mesurée et consignée, lorsqu'exigé.

4.3.6.4 Répétabilité et reproductibilité

Aucune donnée n'est fournie

4.3.6.5 Pertinence des données d'essai

Cette méthode est prévue uniquement pour l'estimation rapide et simple des caractéristiques de *combustion* horizontale de petites éprouvettes d'essai. Le comportement de *combustion* est évalué sans faire référence aux conditions d'environnement dans lesquelles le matériau, ou les produits qui en découlent, peuvent être utilisés. En conséquence, il n'est pas possible d'établir une corrélation entre les résultats de cet essai et la performance de tels matériaux ou produits dans des conditions réelles d'utilisation.

L'essai n'est pas pertinent pour les éprouvettes d'essai qui, sans *allumage*, se déforment à distance et hors de portée de la *flamme*.

La *source d'allumage* n'est pas bien définie. Les caractéristiques du brûleur ne sont pas complètement spécifiées. Différents carburants peuvent être utilisés. L'évaluation de la taille de la *flamme* est subjective. Aucun débit du carburant n'est spécifié.

4.3.7 Vitesse de *combustion* horizontale pour les matériaux des véhicules routiers – ISO 3795 [12].

4.3.7.1 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 exigé pour que la *flamme* parcoure une distance mesurée.

La norme comprend l'exigence de conformité.

4.3.7.2 Éprouvette d'essai

La taille de l'éprouvette d'essai est égale à $356\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times d\text{ mm}$. L'épaisseur d correspond à l'épaisseur du produit en essai, mais n'est pas supérieure à 13 mm.

4.3.7.3 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 *flamme* est de 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 , 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 enceinte de *combustion*, la *flamme* agissant sur l'extrémité libre de l'éprouvette.

4.3.7.4 Répétabilité et reproductibilité

Il n'existe pas de données connues disponibles.

4.3.7.5 Pertinence des données d'essai

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

4.3.8 Plastiques alvéolaires – Détermination des caractéristiques de *combustion* de petites éprouvettes en position horizontale, soumises à une petite *flamme* – ISO 9772 [13]

4.3.8.1 But et principe

Il s'agit d'une procédure de contrôle à petite échelle en laboratoire destinée à comparer les caractéristiques relatives de *combustion* horizontale de petites éprouvettes d'essai en plastiques alvéolaires d'une masse volumique inférieure à 250 kg.m^{-3} , lorsqu'elles sont soumises à une *source d'allumage* d'une petite *flamme*.

4.3.8.2 Éprouvette d'essai

La longueur des éprouvettes d'essai est de (150 ± 1) mm et leur largeur de (50 ± 1) mm. Les éprouvettes d'essai sont découpées dans un échantillon représentatif du matériau (feuilles ou produits finis). Les matériaux fournis dans une épaisseur supérieure à 13 mm sont coupés à une épaisseur de (13 ± 1) mm, la peau ayant été préalablement retirée. Les matériaux dont l'épaisseur est égale ou inférieure à 13 mm sont soumis à l'essai à l'épaisseur fournie, sans nécessiter d'enlever la peau. Si des matériaux recouverts d'adhésif doivent être soumis à l'essai, les éprouvettes d'essai qui sont recouvertes d'adhésif que d'un seul côté sont utilisées.

4.3.8.3 Méthode d'essai

Un brûleur de laboratoire P/PF2, comme cela est spécifié dans l'ISO TR 10093:2018 [14], et équipé d'un embout papillon, est utilisé comme *source d'allumage*. Le méthane ou le propane peut être utilisé, avec une préférence pour le méthane. La puissance nominale de la *flamme* est de 500 W. L'éprouvette d'essai est disposée à plat sur une toile métallique au-dessus d'un tampon de coton sec afin de détecter les gouttes ou les débris qui causent son *allumage*.

Deux régimes de conditionnement sont spécifiés.

La *flamme* est appliquée à l'une des extrémités de l'éprouvette d'essai pendant 60 s et le minuteur 1 est mis en marche. Le minuteur 2 est mis en marche lorsque la *flamme* de l'éprouvette d'essai a parcouru 25 mm sur la longueur de l'éprouvette d'essai. Le minuteur 1 est arrêté lorsque la *flamme* ou le front de *combustion* incandescente atteint 60 mm. Le minuteur 2 est arrêté lorsque la *flamme* ou le front de *combustion* incandescente atteint 125 mm. Un ensemble de paramètres de vitesse de *combustion* est alors consigné et calculé. Les valeurs moyennes pour les cinq éprouvettes pour chaque traitement de conditionnement sont calculées.

Un système de classement est décrit dans une Annexe informative.

4.3.8.4 Répétabilité et reproductibilité

Des données sont fournies dans une Annexe informative de l'ISO 9772. Les données ont été déterminées à partir d'un essai interlaboratoires réalisé en 1986, impliquant sept laboratoires,

cinq matériaux et deux répliques chacune utilisant la moyenne de cinq points de données. Les variables analysées étaient “temps écoulé” et *vitesse de propagation de flamme*.

NOTE “Temps écoulé” est la somme de la durée de *flamme* résiduelle et de la durée d’incandescence résiduelle pour les cas où la *flamme* ou la *combustion* incandescente n’a pas dépassé la marque des 60 mm.

4.3.8.5 Pertinence des données d’essai

L’objectif de la méthode est l’assurance qualité et l’évaluation produit limitée des matériaux en plastique alvéolaire dans des conditions contrôlées en laboratoire. L’objectif du système facultatif de classement est la présélection de matériaux en plastique alvéolaire à utiliser dans les produits, y compris la détermination des plages des paramètres des matériaux qui donne la même classification.

Les essais réalisés sur un matériau dans les conditions spécifiées peuvent être d’une valeur considérable pour comparer les caractéristiques de *combustion*, en position horizontale, de différents matériaux, pour le contrôle en cours de fabrication ou pour déterminer des modifications de formulation ou de traitement avant utilisation.

Certains matériaux peuvent se rétracter au contact de la *flamme*, sans *allumage*. Dans ce cas, les résultats de l’essai ne sont pas valables et des éprouvettes d’essai supplémentaires sont exigées pour obtenir 10 résultats d’essai valables. Si cela se révèle impossible en raison du non-*allumage* de l’ensemble des éprouvettes, alors cet essai ne convient pas pour ces matériaux.

4.3.9 Plastiques – Détermination du comportement au feu d’éprouvettes minces verticales souples au contact d’une petite flamme comme source d’allumage – ISO 9773 [15]

4.3.9.1 But et principe

Il s’agit d’une procédure de contrôle à petite échelle en laboratoire destinée à comparer le comportement au feu relatif d’éprouvettes en matière plastique mince, relativement souple, orientées verticalement et exposées à une source d’allumage de faible énergie. Une éprouvette d’essai de forme à peu cylindrique est fixée verticalement par l’une de ses extrémités, l’extrémité libre étant exposée deux fois successivement à la *flamme* d’un gaz spécifié. Le comportement au feu de l’éprouvette est évalué en mesure la durée de *flamme* résiduelle et/ou d’incandescence résiduelle.

4.3.9.2 Éprouvette d’essai

La longueur des éprouvettes d’essai est de (200 ± 5) mm et leur largeur de (50 ± 2) mm. Leur épaisseur est de 0,25 mm au plus.

L’axe longitudinal de l’éprouvette est enroulé autour de l’axe longitudinal d’une tige de 13 mm de diamètre pour former un cylindre par enroulement. Les parties d’éprouvette qui se chevauchent sont maintenues par du ruban adhésif sensible à la pression. La tige est ensuite retirée. Pour les éprouvettes rigides, le ruban adhésif sensible à la pression peut être renforcé ou remplacé par un fil nichrome enroulé au sommet de l’éprouvette sur une distance de 75 mm.

4.3.9.3 Méthode d’essai

Un brûleur de laboratoire P/PF2, comme cela est spécifié dans l’ISO TR 10093:2018 [14], est utilisé comme source d’allumage. Le méthane ou le propane peut être utilisé, avec une préférence pour le méthane. La puissance nominale de la *flamme* est de 50 W. L’éprouvette d’essai est fixée à la verticale à 6 mm du bord supérieur, de manière à obturer l’extrémité supérieure du cylindre, afin d’éviter les effets de cheminée. La partie inférieure de l’éprouvette est située au-dessus d’une couche de coton afin de détecter les gouttes ou les débris susceptibles de l’allumer.

Deux régimes de conditionnement sont spécifiés.

La *flamme* est appliquée à l'extrémité inférieure de l'éprouvette d'essai pendant 3 s et un minuteur est mis en marche pour mesurer la durée de *flamme* résiduelle. Dès l'extinction de la *flamme* résiduelle, la *flamme* est de nouveau appliquée pendant 3 s et le minuteur est de nouveau mis en marche pour mesurer les durées de *flamme* et d'incandescence résiduelles. Les deux durées de *flamme* résiduelle sont additionnées afin de donner une durée totale de *flamme* résiduelle. Un ensemble de paramètres de la vitesse de *combustion* est ensuite consigné et calculé. Les valeurs moyennes pour les cinq éprouvettes pour chaque traitement de conditionnement sont calculées.

Un système de classement est décrit dans une Annexe informative.

4.3.9.4 Répétabilité et reproductibilité

Des données sont fournies dans l'ISO 9773. Les données ont été déterminées à partir d'un essai interlaboratoires réalisé en 1986, impliquant six laboratoires, quatre matériaux et deux répliques. Chaque réplique a été déterminée en calculant la moyenne de cinq mesurages. Les variables analysées étaient "la durée de *flamme* résiduelle après la première application de la *flamme*" et "la durée de *flamme* résiduelle plus durée d'incandescence résiduelle après la deuxième application de la *flamme*".

4.3.9.5 Pertinence des données d'essai

L'objectif du système de classement est le contrôle de la qualité et la présélection de matériaux entrant dans la composition des produits. Les essais réalisés sur un matériau dans les conditions spécifiées peuvent être d'une valeur considérable pour comparer les caractéristiques relatives de comportement au feu de différents matériaux, pour le contrôle en cours de fabrication ou pour déterminer des modifications de formulation ou de traitement avant utilisation. Cette méthode permet aussi de mesurer les effets des additifs sur le comportement au feu, la détérioration et la perte possible de composants volatils, peuvent être mesurés en utilisant cette méthode.

4.3.10 Appareillage de propagation du feu – ISO 12136 [16]

4.3.10.1 But et principe

L'ISO 12136 fournit quatre méthodes d'essai 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.

Les méthodes d'essai d'*allumage*, de *combustion* et de *pyrolyse* impliquent l'utilisation d'éprouvettes horizontales soumises à une densité de flux externe de chaleur rayonnée contrôlée qui peut être réglée de 0 kW/m² à 65 kW/m². La méthode d'essai de propagation du feu implique l'utilisation d'éprouvettes verticales soumises à l'*allumage* à proximité de la base de l'éprouvette par une densité de flux externe de chaleur rayonnée et une *flamme* pilote. Les méthodes d'essai de *combustion*, de *pyrolyse* et de propagation du feu peuvent être appliquées en utilisant une entrée d'air qui est soit de l'air normal soit d'autres mélanges gazeux, comme l'air additionné d'azote, de l'azote pur, ou de l'air enrichi jusqu'à 40 % d'oxygène.

4.3.10.2 Appareillage d'essai

Voir l'ISO 12136 [16], l'ASTM E2058 [17] et la NFPA 287 [18].

4.3.10.3 Éprouvettes 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 du *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.

4.3.10.4 Méthodes d'essai et résultats d'essai

Les quatre méthodes d'essai données dans le présent document sont fondées sur les mesurages du temps avant observation de l'*allumage*, 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 mesurages des propriétés d'inflammabilité qui caractériseront le comportement au *feu* au cours des essais au *feu* à l'échelle de référence.

4.3.10.5 Répétabilité et reproductibilité

Certaines données de reproductibilité sont fournies dans une Annexe informative dans l'ISO 12136. Les données sur le temps d'*allumage* et le *débit calorifique* de deux laboratoires sont consignées. Aucune donnée sur la propagation de *flamme* n'est consignée.

4.3.10.6 Pertinence des données d'essai

Les méthodes d'essai 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 plage étendue de compositions et structures polymères, y compris des produits électrotechniques, les matériaux pour produits électrotechniques et des câbles électriques [19] à [26].

La caractéristique unique de la méthode d'essai de la propagation du *feu* est qu'elle produit des mesurages 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'essai sont destinées à l'évaluation des caractéristiques spécifiques d'inflammabilité des matériaux. Les matériaux à analyser sont constitués d'éprouvettes d'un produit fini ou des différents composants utilisés dans le produit fini. Les résultats des méthodes d'essai fournissent des données d'entrée pour les modèles de propagation de *flamme* 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. Les méthodes d'essai sont largement utilisées par FM Global pour de nombreuses normes de l'industrie de l'assurance, notamment pour des applications sur les salles blanches et les câbles.

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.

4.3.11 Plastiques – Détermination de la propagation verticale de la *flamme* sur films et feuilles – ISO 12992 [27]

4.3.11.1 But et principe

Il s'agit d'un *essai au feu à petite échelle* pour mesurer les propriétés de propagation de *flamme* d'éprouvettes d'essai en matière plastique orientées verticalement sous la forme de films ou de feuilles de 3 mm d'épaisseur ou moins, lorsqu'elles sont soumises à une *source d'allumage* de petite *flamme*.

4.3.11.2 Éprouvette d'essai

La longueur des éprouvettes d'essai est de (325 ± 5) mm et leur largeur de (300 ± 5) mm. L'épaisseur n'est pas supérieure à 3 mm. Trois éprouvettes d'essai sont évaluées, sauf si le matériau est anisotrope, auquel cas trois éprouvettes sont soumises à l'essai dans les deux directions.

4.3.11.3 Méthode d'essai

Un brûleur de laboratoire, comme cela est spécifié dans l'ISO 11925-2 [28], est utilisé avec du propane de qualité commerciale. Le flux de gaz est réglé de manière à obtenir une hauteur de *flamme* de (40 ± 4) mm lorsque le brûleur est vertical. La puissance de la *flamme* est d'environ 32 W.

La *flamme* est appliquée au bord inférieur de l'éprouvette d'essai pendant 60 s et une *vitesse de propagation de flamme* est calculée dès que la *flamme* atteint des marques situées à 100 mm et 300 mm à la verticale au-dessus du bord inférieur de l'éprouvette d'essai.

4.3.11.4 Répétabilité et reproductibilité

Des données sont fournies dans l'ISO 12992. Les données ont été obtenues au cours d'un essai interlaboratoires réalisé en 1993; il impliquait sept laboratoires qui ont soumis à l'essai huit matériaux. La variable analysée était la *vitesse de propagation de flamme*.

4.3.11.5 Pertinence des données d'essai

La méthode peut être utile à des fins de présélection ou de contrôle de la qualité. L'essai n'est pas pertinent pour les éprouvettes d'essai qui, sans *allumage*, se déforment à distance et hors de portée de la *flamme*. Il convient d'explorer d'autres méthodes d'essai pour de telles éprouvettes d'essai.

4.3.12 Essai de *combustion* verticale pour les matériaux d'aéronefs – FAR 25 [29]

4.3.12.1 But et principe

Les exigences relatives aux composants du système électrique figurent dans le FAR 25.869 (a). L'isolation sur les conducteurs électriques et câbles électriques installés dans toute zone d'un fuselage d'avion doit être autoextinguible 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 autoextinguible 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.

4.3.12.2 Éprouvette d'essai

L'éprouvette pour l'essai au bec Bunsen à la verticale mesure au moins 50 mm de largeur et 30,5 mm de longueur, 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 d'essai pour l'essai au bec Bunsen à 60° correspond à un segment de conducteur ou de câble. Le calibre est le même que celui utilisé dans l'avion. Sur l'éprouvette d'essai, l'écart entre une pince appliquée à la partie inférieure et une poulie ou une tige dans la partie supérieure est de 24 pouces.

4.3.12.3 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* de 12 s. Les fils et câbles sont soumis à une application de *flamme* de 30 s.

4.3.12.4 Répétabilité et reproductibilité

Il n'existe pas de données connues disponibles.

4.3.12.5 Pertinence des données d'essai

Ces méthodes d'essai sont utilisées pour la présélection de matériaux, le contrôle de la qualité et l'évaluation de produits dans l'aéronautique aux États-Unis.

4.4 Essais au feu à échelles moyenne et intermédiaire

4.4.1 Propagation latérale des *flammes* sur les produits de bâtiment et de transport – ISO 5658-2 [30]

4.4.1.1 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 qui permettent de comparer la performance de matériaux essentiellement plats, composites ou assemblages, 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 [31].

4.4.1.2 Éprouvette d'essai

Les éprouvettes d'essai sont de 800 mm de longueur par 155 mm de largeur. Les produits dont l'épaisseur est inférieure ou égale à 70 mm sont soumis à l'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.

4.4.1.3 Méthode d'essai

La méthode d'essai consiste à exposer les éprouvettes d'essai conditionnées à un champ de densité de flux de chaleur rayonné 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. Après 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.

4.4.1.4 Répétabilité et reproductibilité

Des données obtenues au cours d'un essai interlaboratoires sont fournies dans la norme pour l'«énergie thermique moyenne relative à une *combustion* persistante» (HSB, *heat for sustained burning*) et le «flux énergétique critique à l'extinction» (CFE, *critical heat flux at extinguishment*). De cinq à huit laboratoires ont consigné des données.

4.4.1.5 Pertinence des données d'essai

L'essai est applicable au mesurage et à la description des propriétés des matériaux, produits ou assemblages en réponse à la chaleur radiative en présence d'une *flamme* pilotée 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 recommandations 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 l'essai à l'aide de cette méthode d'essai.

NOTE Le même appareillage d'essai est utilisé pour les procédures décrites dans l'ASTM E1321 [32] qui prévoit une méthode plus scientifiquement détaillée par laquelle peuvent être déterminés les paramètres d'é et de propagation de *flamme* 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.

4.4.2 Essai au feu à échelle intermédiaire de la propagation de la flamme verticale – ISO 5658-4 [33]

4.4.2.1 But et principe

Cette partie de l'ISO 5658 spécifie un *essai au feu à échelle intermédiaire* pour mesurer la propagation verticale (ascendante et descendante) de *flamme* sur une éprouvette d'un produit orienté en position verticale. Il est également possible d'obtenir une mesure de la propagation latérale. Elle fournit des données qui permettent de comparer la performance de matériaux, composites ou assemblages, qui sont utilisés pour les surfaces exposées de parois ou autres produits orientés verticalement utilisés dans la construction. Certains produits à surfaces profilées peuvent également être soumis à l'essai selon une procédure représentant les conditions d'utilisation finale du produit.

Cette méthode d'essai consiste à exposer la partie inférieure d'une éprouvette d'essai conditionnée, orientée verticalement à un seul champ de densité de flux de chaleur rayonné bien défini ($40 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ au plus) et à mesurer le temps avant *allumage*, la propagation verticale et horizontale de *flamme*, 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 *flamme* pilote à jet parallèle est placée au-dessus de la zone de rayonnement de l'éprouvette d'essai pour enflammer les gaz volatils.

4.4.2.2 Éprouvette d'essai

Les éprouvettes d'essai sont représentatives du produit et mesurent 1 525 mm de longueur par 1 025 mm de largeur. 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.

4.4.2.3 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 *flamme*. 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 au plus. La zone brûlée et le type de dommage sont enregistrés.

4.4.2.4 Répétabilité et reproductibilité

La fidélité 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 avec six répliques. Les résultats d'essai ont été analysés selon l'ISO 5725 [34]. Les données concernant le temps avant *allumage* et la zone de propagation de la *flamme* figurent dans l'ISO 5658-4.

4.4.2.5 Pertinence des données d'essai

L'essai est applicable au mesurage et à la description des propriétés des matériaux, produits, composites ou assemblages en réponse à la chaleur radiative en présence de *flamme* pilotes non incidentes dans des conditions contrôlées de laboratoire. La source de chaleur peut être considérée comme représentant un objet de *combustion*, tel qu'une corbeille à papier or une chaise rembourrée à l'intérieur d'une enveloppe, et ce scénario est généralement susceptible de s'appliquer au cours du stade initial de développement d'un incendie. Il convient de ne pas réaliser l'essai seul pour décrire ou évaluer le *danger d'incendie* ou risque d'incendie de matériaux, produits, composites ou assemblages en conditions réelles d'incendie.

4.4.3 Plastiques — Réaction au feu — Méthode d'essai de propagation de *flamme* et de dégagement de produits de *combustion* à partir d'éprouvettes orientées verticalement – ISO 21367 [35]

4.4.3.1 But et principe

Il s'agit d'une méthode d'essai *au feu à moyenne échelle* pour les matières plastiques destinée à déterminer l'inflammabilité, la propagation de *flamme en surface*, le *débit calorifique*, la production de fumée et la chute de gouttelettes/particules. Elle simule le stade précoce de l'apparition de l'incendie. L'essai se limite aux éprouvettes d'essai dont le *débit calorifique* est inférieur à 10 kW.

4.4.3.2 Éprouvette d'essai

Les éprouvettes d'essai sont essentiellement plates et mesurent (700 ± 5) mm de longueur par (500 ± 5) mm de largeur et leur épaisseur maximale est de 90 mm. Trois éprouvettes sont soumises à l'essai pour chaque surface ou orientation potentiellement exposée.

4.4.3.3 Méthode d'essai

Dans des conditions de ventilation libre, l'éprouvette d'essai est maintenue en position verticale et soumise par la base à une source de chaleur irradiante en présence d'une *flamme* pilote. La fumée et les gaz qui se dégagent sont collectés par une hotte dans le conduit d'évacuation, dans laquelle un instrument de mesure de la consommation d'oxygène mesure le *débit calorifique*, et un opacimètre mesure l'opacité de la fumée. La propagation de *flamme* verticale et latérale et la chute de gouttelettes et/ou de particules enflammées sont également mesurées. Les données sont enregistrées pendant au moins 10 min et jusqu'à 21 min.

Le radiateur électrique est conçu pour produire un flux thermique homogène au moins sur l'aire centrale de 100 mm x 100 mm de la surface exposée de l'éprouvette d'essai. Il peut produire jusqu'à 75 kW/m² lorsque la distance entre le radiateur et l'éprouvette est d'au moins 50 mm.

Quatre zones sont définies afin de classer l'étendue de la *propagation de flamme*.

4.4.3.4 Répétabilité et reproductibilité

Des données sont consignées dans une Annexe informative dans l'ISO 21367. Des données d'essais comparatifs interlaboratoires provenant de trois laboratoires sont fournies concernant l'étalonnage du *débit calorifique*. Deux laboratoires ont fourni des données de R & r concernant des tissus en polyester enduits de PVC pour le FIGRA et le THR₆₀₀. Les données de répétabilité (r) concernant les mesurages de la baisse de concentration en oxygène pour différents produits sont consignées par un laboratoire. Aucune donnée n'est fournie concernant la *propagation de flamme*.

NOTE 1 FIGRA est l'abréviation de Fire Growth Rate (indice de croissance du feu, EF) L'IEC 60695-8-1 fournit de plus amples informations [36].

NOTE 2 THR₆₀₀ est la mesure du dégagement total de chaleur 600 s après un moment initial déterminé.

4.4.3.5 Pertinence des données d'essai

La méthode d'essai peut être utilisée pour les essais d'orientation à échelle intermédiaire et à grande échelle en complément de son utilisation pour le contrôle de production en usine et en recherche et développement de produits. Elle fournit des données adaptées pour la comparaison des réactions au feu de nombreux matériaux, produits, composites ou assemblages dans les conditions d'utilisation finale. Certaines des données mesurées peuvent être utilisées à des fins d'ingénierie en matière de sécurité incendie.

4.5 Essais au feu à échelle intermédiaire et à grande échelle pour les câbles

4.5.1 Généralités

De nombreux essais au feu à grande échelle sont utilisés partout dans le monde, en particulier pour ce qui concerne le comportement au feu des câbles [37] à [43]. Une liste non exhaustive, englobant les méthodes IEC et une sélection de méthodes non IEC similaires, est présentée ici.

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

4.5.2.1 Normes correspondantes

Plusieurs normes nationales et internationales sont fondées sur cette méthode. Un résumé et une comparaison des méthodes d'essai IEC à l'échelle verticale figurent dans le Tableau 2. Un résumé et une comparaison des méthodes d'essai non IEC à l'échelle verticale figurent dans le Tableau 3.

NOTE L'IEC TR 62222 concerne la tenue au feu des câbles de communications installés dans les bâtiments. La *propagation de flamme* sur l'échelle verticale est un des paramètres caractéristiques d'incendie faisant l'objet d'examen [44].

4.5.2.2 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 flamme*, la longueur fondue et/ou carbonisée sont mesurées. D'autres paramètres peuvent également être mesurés.

4.5.2.3 Éprouvette d'essai

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