

TECHNICAL REPORT

RAPPORT TECHNIQUE

Fire performance of communication cables installed in buildings

Tenue au feu des câbles de communication installés dans les bâtiments



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

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

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

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

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

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

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

TECHNICAL REPORT

RAPPORT TECHNIQUE

Fire performance of communication cables installed in buildings

Tenue au feu des câbles de communication installés dans les bâtiments

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 33.120.20

ISBN 978-2-83220-205-0

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	4
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms, definitions and abbreviations	9
3.1 Defined terms	9
3.2 Abbreviations	18
4 Typical communication cable installations	19
5 Legislation and regulation	20
6 Approach to fire mitigation	21
6.1 General	21
6.2 Compartmentation (fire compartments)	21
6.3 Management of fire hazard	22
6.4 Cables that pass through several compartments	22
7 Recent project for regulation – The FIPEC [6] project	22
8 Fire protection	23
8.1 Traditional approach	23
8.2 Fire hazard considerations	25
8.3 Fire hazards of cables	27
9 Test methods	27
9.1 Review	27
9.2 NFPA 262/EN 50289-4-11	27
9.3 EN 50399	28
9.4 IEC 60332-3 series	28
9.5 UL 1666	29
9.6 UL 1685/CSA FT4	29
9.7 Other considerations	29
9.7.1 Sample selection	29
9.7.2 Cable mounting	30
9.7.3 Conditioned environment	30
9.7.4 Real scale scenario	30
9.8 Test method conclusions	30
10 Fire performance requirements	30
10.1 Parameters	30
10.2 Heat	31
10.3 Effluent smoke	32
10.4 Propagation	32
10.5 Ignitability	33
10.6 Damaging effects of fire effluents	33
10.7 Flaming droplets	33
10.8 Toxicity	33
Annex A (informative) Procedure for mounting cable – Typical communication cable installations	34
Annex B (informative) Fire hazards/installations/applications/test methods for communication cables in buildings	35
Annex C (informative) Review of test methods	36

Annex D (informative) Fire performance requirements	42
Bibliography	43
Table 1 – Abbreviations	18
Table 2 – Typical cable installation categories	20
Table 3 – Traditional ranking of fire hazards	24
Table 4 – Cable fire performance requirements	24
Table 5 – Test methods	27
Table 6 – Typical communication cable materials	31
Table 7 – Recommended requirements for heat	32
Table 8 – Recommended requirements for smoke	32
Table B.1 – Fire hazards/installations/applications/test methods for communication cables in buildings	35
Table C.1 – Ignitability	36
Table C.2 – Vertical tests (1 of 3)	37
Table C.3 – Horizontal tests for forced air systems	40
Table C.4 – Indirect measurement of smoke	41
Table D.1 – Fire performance requirements	42
Table D.2 – Single cable burn test	42

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FIRE PERFORMANCE OF COMMUNICATION
CABLES INSTALLED IN BUILDINGS**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

IEC/TR 62222, which is a technical report, has been prepared by subcommittee 46C: Wires and symmetric cables, of IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, r.f. connectors, r.f. and microwave passive components and accessories.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2005. It constitutes a technical revision.

The 2005 technical report was the first attempt in understanding the potential fire hazards concerning new installations where large quantities of data cable are involved. Although it is important to remember that data cables will probably not spontaneously combust and offices are still filled with other highly flammable products, the increase of "flood wiring" should be a building design concern. This second edition attempts to align all the installation guides found and further improve safety with fire and its possible transmission. Projects that formed the

overall direction of the 2005 edition have been taken into account, enabling an overall general improvement of the document..

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

Enquiry draft	Report on voting
46C/959/DTR	46C/962/RVC

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

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

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

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

FIRE PERFORMANCE OF COMMUNICATION CABLES INSTALLED IN BUILDINGS

1 Scope

This Technical Report provides recommendations for the requirements and test methods to be specified for the fire performance of communication cables when installed in buildings.

The recommendations relate to typical applications and installation practices for copper and optical cables in buildings. This Technical Report includes an assessment of the fire hazards presented by such installations, and describes fire scenarios that have been established and the appropriate cable fire performances to mitigate these hazards. ISO/IEC 14763-2 recommends installation methods which, together with this Technical Report, provide guidelines for improving safety during fire.

The recommendations also take into account legislation and regulation applicable to the fire performance of cables, an assessment of known test methods and their ability to measure the recommended fire performance.

Power cables are usually segregated from communication cables for electrical safety and installed differently so they have not been addressed in this Technical Report.

2 Normative references

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

IEC 60332-1 (all parts), *Tests on electric and optical cables under fire conditions – Part 1: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable*

IEC 60332-1-2, *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions – Part 1-2: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable – Procedure for 1 kW pre-mixed flame*

IEC 60332-1-3, *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions – Part 1-3: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable – Procedure for determination of flaming droplets/particles*

IEC 60332-2 (all parts), *Tests on electric and optical cables under fire conditions – Part 2: Test for vertical flame propagation for a single small insulated wire or cable*

IEC 60332-2-2, *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions – Part 2-2: Test for vertical flame propagation for a single small insulated wire or cable – Procedure for diffusion flame*

IEC 60332-3 (all parts), *Tests on electric and optical cables under fire conditions – Part 3: Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables*

IEC 60332-3-24, *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions – Part 3-24: Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Category C*

IEC 60695 (all parts), *Fire hazard testing*

IEC 60695-1-10:2009, *Fire hazard testing – Part 1-10: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – General guidelines*

IEC 60695-1-11, *Fire hazard testing – Part 1-11: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Fire hazard assessment*

IEC 60695-5-1, *Fire hazard testing – Part 5-1: Corrosion damage effects of fire effluent – General guidance*

IEC/TS 60695-5-2, *Fire hazard testing – Part 5-2: Corrosion damage effects of fire effluent – Summary and relevance of test methods*

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

IEC 60695-6-2, *Fire hazard testing – Part 6-2: Smoke obscuration – Summary and relevance of test methods*

IEC 60695-7-1, *Fire hazard testing – Part 7-1: Toxicity of fire effluent – General guidance*

IEC 60695-7-2, *Toxicity of fire effluent – Part 7-2: Summary and relevance of test methods*

IEC 60695-7-3, *Fire hazard testing – Part 7-3: Toxicity of fire effluent – Use and interpretation of test results*

IEC 60695-8-1, *Fire hazard testing – Part 8-1: Heat release – General guidance*

IEC/TR 60695-8-2, *Fire hazard testing – Part 8-2: Heat release – Summary and relevance of test methods*

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

IEC/TS 60695-9-2, *Fire hazard testing – Part 9-2: Surface spread of flame – Summary and relevance of test methods*

IEC 60754 (all parts), *Test on gases evolved during combustion of materials from cables*

IEC 60754-1, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 1: Determination of the halogen acid gas content*

IEC 60754-2, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 2: Determination of acidity (by pH measurement) and conductivity*

IEC 60794 (all parts), *Optical fibre cables*

IEC 61034 (all parts), *Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions*

IEC 61034-1:2005, *Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions – Part 1: Test apparatus*

IEC 61034-2:2005, *Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions – Part 2: Test procedure and requirements*

IEC 61156 (all parts), *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications*

IEC 62012-1, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications to be used in harsh environments – Part 1: Generic specification*

ISO/IEC 11801, *Information technology – Generic cabling for customer premises*

ISO 13571, *Life-threatening components of fire – Guidelines for the estimation of time available for escape using fire data*

ISO/IEC 13943:2008, *Fire safety – Vocabulary*

ISO/IEC 14763-2, *Information technology – Implementation and operation of customer premises cabling – Part 2: Planning and installation*

ISO 9705, *Fire tests – Full-scale room test for surface products*

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

EN 13501-1, *Fire classification of construction products and building elements – Part 1: Classification using test data from reaction to fire tests*

EN 13823, *Reaction to fire tests for building products – Building products, excluding floorings, exposed to the thermal attack by a single burning item*

EN 50174-2, *Information technology – cabling installation – Part 2 Installation planning and practises inside buildings*

EN 50267-2-3, *Common test methods for cables under fire conditions – Tests on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 2-3: Procedures – Determination of degree of acidity of gases for cables by determination of the weighted average of pH and conductivity*

EN 50289-4-11, *Communication cables – Specifications for test methods – Part 4-11: Environmental test methods – A horizontal integrated fire test method*

EN 50399, *Common test methods for cables under fire conditions – Heat release and smoke production measurement on cables during flame spread test – Test apparatus, procedures, results*

BS 7671, *Requirements for electrical installations*

CSA FT4, Canadian Standards Association, CSA 22.2 No. 03-01, *Vertical flame test – Cables in cable trays*

CSA FT6, Canadian Standards Association, CSA 22.2 No. 03-01, *Horizontal flame and smoke test*

NFPA 262, *Standard method of test for flame travel and smoke of wires and cables for use in air handling spaces (formerly UL 910)*

UL 1666, Underwriters Laboratories, Inc., *Test for flame propagation height of electrical and optical fibre cables installed vertically in shafts*

UL 1685, Underwriters Laboratories, Inc., *Standard for vertical tray fire propagation and smoke release test for electrical and optical fibre cables*

UL VW-1, Underwriters Laboratories, Inc., *VW-1 (vertical specimen) flame test – UL 1581, Reference standard for electrical wires, cables and flexible cords*

3 Terms, definitions and abbreviations

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO/IEC 13943, some of which are reproduced below for the user's convenience, as well as the following apply, together with some which are based on EN 13501-1.

3.1 Defined terms

3.1.1

asphyxiant

toxicant that causes hypoxia, which can result in central nervous system depression or cardiovascular effects

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.17]

3.1.2

cabling

system of telecommunication cables, cords and connecting hardware that can support the connection of information technology equipment

3.1.3

chimney effect

upward movement of hot fire effluent caused by convection currents confined within an essentially vertical enclosure

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.41]

3.1.4

combustible

capable of being ignited and burned

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.43]

3.1.5

combustion

exothermic reaction of a substance with an oxidizing agent

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.46]

3.1.6

fire compartment

enclosed space, which may be subdivided, separated from adjoining spaces by fire barriers

Note 1 to entry: Compartments are also known as "fire compartments".

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.102]

3.1.7

compartmentation

division of a premise into compartments in order to provide protection for the rest of the premises

3.1.8

convection

transfer of heat by movement of a fluid

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.54]

3.1.9

contribution to fire

energy released by a product influencing the fire growth

3.1.10

corrosion damage

physical and/or chemical damage or impaired function caused by chemical action

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.56]

3.1.11

damaged length

maximum extent in a specified direction of damaged area

3.1.12

draught-free environment

space in which the results of experiments are not significantly affected by the local air speed

Note 1 to entry: A qualitative example sample is a space in which a wax candle flame (3.1.36) remains essentially undisturbed. Quantitative example examples are small-scale fire tests in which a maximum air speed of $0,1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ or $0,2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ is sometimes specified.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.70]

3.1.13

enclosure

<built environment> volume defined by bounding surfaces, which may have one or more openings

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.77]

3.1.14

end use application

real application of a product in relation to all aspects that influence the behaviour of that product under different fire situations

3.1.15

fire

<general> process of combustion characterized by the emission of heat and fire effluent and usually accompanied by smoke, flame, glowing or a combination thereof

3.1.16

fire attack

thermal attack by fire test burner

3.1.17

fire behaviour

change in, or maintenance of, the physical and/or chemical properties of an item and/or structure exposed to fire

Note 1 to entry: This concept covers both reaction to fire and fire resistance.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.100]

3.1.18**fire compartment**

enclosed space, which may be subdivided, separated from adjoining spaces by fire barriers

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.102]

3.1.19**fire danger**

concept including both fire hazard and fire risk

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.103]

3.1.20**fire effluent**

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.105]

3.1.21**fire-effluent transport**

movement of fire effluent from the location of the fire

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.107]

3.1.22**fire exposure**

extent to which persons, animals or items are subjected to the conditions created by fire

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.108]

3.1.23**fire extinguishment**

process that eliminates combustion

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.109]

3.1.24**fire growth**

stage of fire development during which the heat release rate and the temperature of the fire are increasing

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.111]

3.1.25**fire growth rate index****FIGRA index**

maximum quotient of heat release rate from a specimen and the time of its occurrence

3.1.26**fire hazard**

physical object or condition with a potential for an undesirable consequence from fire

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.112]

3.1.27

fire load

quantity of heat which can be released by the complete combustion of all the combustible materials in a volume, including the facings and bounding surfaces

Note 1 to entry: Fire load may be based on effective heat of combustion gross heat of combustion or net heat of combustion as required by the specifier.

[SOURCE: ISO 13943: 4.114]

3.1.28

fire performance

response of a test specimen when exposed to a fire test

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.117]

3.1.29

fire propagation

combination of flame spread and spread of fire effluent

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.120]

3.1.30

fire resistance

ability of a test specimen to withstand fire or give protection from it for a period of time

Note 1 to entry: Typical criteria used to assess fire resistance in a standard fire test are fire integrity, fire stability and thermal insulation material.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.121]

3.1.31

fire retardance

flame retardance, fire retardant and flame retardant

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.122]

3.1.32

fire retardant, noun

substance added, or a treatment applied, to a material in order to delay ignition or to reduce the rate of combustion

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.123]

3.1.33

fire risk

probability of a fire combined with a quantified measure of its consequences

Note 1 to entry: It is often calculated as the product of probability and consequence.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.124]

3.1.34

fire safety management

application and service life maintenance of procedures to achieve fire-safety objectives

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.127]

3.1.35**fire safety objective**

desired outcome with respect to the probability of an unwanted fire, relative to essential aspects of the built environment

Note 1 to entry: The essential aspects typically relate to the issues of life safety, conservation of property, continuity of operations, protection of the environment and preservation of heritage.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.128]

3.1.36**fire scenario**

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.129]

3.1.37**fire severity**

capacity of a fire to cause damage

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.130]

3.1.38**fire situation**

stage in the development of a fire, characterized by the nature, severity and size of the thermal attack on the products involved

3.1.39**fire test**

test that measures behaviour of a fire or exposes an item to the effects of a fire

Note 1 to entry: The results of a fire test can be used to quantify fire severity or determine the fire resistance or reaction to fire of the test specimen.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.132]

3.1.40**flame**, noun

rapid, self-sustaining, sub-sonic propagation of combustion in a gaseous medium, usually with the emission of light

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.133]

3.1.41**flame**, verb

produce flame

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.134]

3.1.42**flame application time**

period of time for which a burner flame is applied to a test specimen

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.135]

3.1.43

flame retardance

property of a material whereby flaming combustion is slowed, terminated or prevented

Note 1 to entry: Flame retardance can be an inherent property of the basic material or it may be imparted by specific treatment.

Note 2 to entry: The degree of the flame retardance exhibited by a material during testing can vary with the test conditions.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.138]

3.1.44

flame retarded

treated with a flame retardant

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.141]

3.1.45

flame spread

propagation of a flame front

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.142]

3.1.46

flame-spread rate

DEPRECATED: burning rate

DEPRECATED: rate of burning

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.143]

3.1.47

flame-spread time

time taken by a flame front on a burning material to travel a specified distance on the surface, or to cover a specified surface area under specified conditions

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.144]

3.1.48

flaming, noun

continuation of the presence of a flame after its first appearance

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.147]

3.1.49

flaming combustion

combustion in the gaseous phase, usually with emission of light

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.148]

3.1.50

flaming debris

material separating from a burning item and continuing to flame during a fire or fire test

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.149]

3.1.51**flaming droplet**

molten material separating from a burning item and continuing to flame during a fire or fire test method

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.150]

3.1.52**flammability**

ability of a material or product to burn with a flame under specified conditions

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.151]

3.1.53**flammable**

capable of flaming combustion under specified conditions

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.153]

3.1.54**flame retardant halogen free cable**

material such as EVA/ $\text{Al}(\text{OH})_3$ based compounds for use on cable jackets

3.1.55**flashover**

<stage of fire> transition state of total surface involvement in a fire of combustible materials within an enclosure

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.156]

3.1.56**fuel**

substance that can react exothermically with an oxidizing agent

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.161]

3.1.57**gross heat of combustion**

heat of combustion of a substance when the combustion is complete and any produced water is entirely condensed under specified conditions

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.170]

3.1.58**heat flow rate**

amount of thermal energy transferred per unit time

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.172]

3.1.59**heat of combustion**

DEPRECATED: calorific potential

DEPRECATED: calorific value

thermal energy produced by combustion of unit mass of a given substance

Note 1 to entry: The typical units are kilojoules per gram (kJ.g^{-1}).

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.174]

3.1.60

heat release

thermal energy produced by combustion

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.176]

3.1.61

heat release rate

DEPRECATED: burning rate

DEPRECATED: rate of burning

rate of thermal energy production generated by combustion

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.177]

3.1.62

ignitability

ease of ignition

measure of the ease with which a test specimen can be ignited under specified conditions

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.182]

3.1.63

ignitable

capable of being ignited

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.183]

3.1.64

ignited

caused to be in a state of undergoing combustion

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.186]

3.1.65

irritant

<pulmonary> gas or aerosol that stimulates nerve receptors in the lower respiratory tract, which can result in breathing discomfort

Note 1 to entry: Examples of breathing discomfort are dyspnoea and an increase in respiratory rate. In severe cases, pneumonitis or pulmonary oedema (which can be fatal) can occur some hours after exposure.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.204]

3.1.66

opacity of smoke

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

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

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.243]

3.1.67

optical density of smoke

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

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.244]

3.1.68**oxidising agent**

substance capable of causing oxidation

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.246]

3.1.69**reaction to fire**

response of a test specimen when it is exposed to fire under specified conditions in a fire

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.272]

3.1.70**reference scenario**

hazard situation and environment used as a reference for a given test method

3.1.71**small fire attack**

thermal attack produced by a small flame such as a match or lighter

3.1.72**smoke growth rate index****SMOGRA index**

maximum value of SMOGRA attained during a test period, and SMOGRA is $10\,000 \times$ the quotient

3.1.73**smoke hazard**

potential for injury and/or damage from smoke

3.1.74**smoke**

visible part of fire effluent

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.293]

3.1.75**smoke production**

amount of smoke produced per unit time in a fire or fire test

Note 1 to entry: The typical units are square metres (m^2).

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.294]

3.1.76**smoke production rate**

amount of smoke produced per unit time in a fire or fire test

Note 1 to entry: It is calculated as the product of the volumetric flow rate of smoke and the extinction coefficient of the smoke at the point of measurement.

Note 2 to entry: The typical units are square metres per second (m^2s^{-1}).

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.295]

3.1.77**soot**

particulate matter produced and deposited during or after combustion

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.298]

3.1.78

toxic

poisonous

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.335]

3.1.79

toxicant

toxin

toxic substance

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.340]

3.2 Abbreviations

The abbreviations are given in Table 1.

Table 1 – Abbreviations

Abbreviation	Definition
CENELEC	European committee for electrotechnical standardisation
CPR(R)	construction products regulation – (European regulation) [5] ¹
CSA	Canadian standards association
EN	European standard
FEP	fluorinated ethylene-propylene
FIPEC	fire performance of electric cables [6]
HR	heat release
HRR	heat release rate
ISO	International standards organisation
LSPVC	low smoke flame retardant polyvinylchloride
NEMA	National electrical manufacturers association [4]
NES	naval engineering standard
NFPA	National fire protection association
OD	optical density
PCS	gross calorific potential (calorific potential is a deprecated term and it is now referred to by the term "heat of combustion")
PE	polyethylene
PP	polypropylene
PTFE	polytetrafluoroethylene
PTFE HFP	polytetrafluoroethylene-hexafluoropropylene copolymer
PVC	polyvinyl chloride
PVDF	polyvinylidene fluoride
SP	smoke production
SPR	smoke production rate
THR	total heat release
TSP	total smoke production
UL	Underwriters laboratories Inc.

¹ Figures in square brackets refer to the bibliography.

4 Typical communication cable installations

In order to define the appropriate fire test methods and performance requirements, it is necessary to consider the fire hazards presented by typical cable installations.

During the last decade, worldwide demand for information has resulted in increasing transmission data rates and developments in local area networks (LANs). In particular, the growing popularity of structured cabling systems as defined in ISO/IEC 11801, known as information technology cabling. The generic structured wiring cabling system is a hierarchical star network linking campus distributors to different building distributors, which in turn link to individual floor distributors which then connect with telecommunication outlets. On each floor, the riser cable, run in vertical shafts, connects to the distributor which transmits data via the horizontal cables to each outlet. In a typical installation, the outlets are arranged in a matrix layout spaced about 1 m or 2 m, with the horizontal cables run in ceiling or in bigger installations normally under-floor voids. Even in a small office, this leads to a large number of cables run in building voids.

The evolution of cabling (otherwise known as structured wiring) has coincided with a rapid increase in system data rates, from 10 kbps in the early 1980's to 600 Mbps in the late 1990's, and on to 10 GBit Ethernet™. As transmission rates increase, system upgrades to higher performance cables and components are typically necessary. This has led to the installation of many lengths of data cable, mainly in hidden voids.

Copper conductor cables manufactured to the IEC 61156 series and optical cables manufactured to the IEC 60794 series are used in structured wiring. These standards detail electrical and optical transmission requirements, mechanical performance and environmental characteristics. Communication cables operating at low voltages and currents are not a primary cause of fires, but their widespread use means that they may be involved in outbreaks of fire from an external source. IEC 60695-1-10 gives general guidance on the fire hazards of electrotechnical products.

Typical communication installations in buildings are as shown in Annex A and can be grouped into the following descriptions.

- a) In public buildings such as airports, shops and older commercial offices with solid floors, cables are generally installed in ceiling voids with some local cabling in wall ducts. Regulations generally require segregation of power cables for electrical safety.
- b) Generally, in offices and newer commercial offices, cables are installed in ceiling/under-floor voids and wall ducts. Lighting power cables and some communication cables are run in ceiling voids, whilst computer and telephone cables and their associated low voltage power cables are often run in under-floor voids. Again, regulations generally require the segregation of power cables (in conduit or trunking) for electrical safety. In such installations, relatively shallow raised flooring provides the under-floor voids.
- c) In newer large commercial offices with extensive computer facilities, the raised flooring is deep (1,0 m to 1,5 m is not uncommon) and the void can be packed with communication cables. This void can also be used, in rare occasions, for the provision of environmental air to computer equipment.
- d) Under-floor and ceiling voids can have particular airflow dynamics, especially where proper compartmentation was not considered, that could be reflected in the test method. In general, as airflow rate increases or another sufficient fire source energy in any given apparatus, the risk of fire propagation increases.
- e) A considerable amount of cables can be installed in vertical riser shafts where a chimney effect could be found in the event of a fire. For convenience, these may be the same cables as are used for horizontal runs.

- f) Patch cords and work area cables, whilst not permanently installed in buildings, often accumulate in large numbers and have been included in the scope of this Technical Report.
- g) In many installations, there can also be a number of cables that run behind and within walls.
- h) Large buildings are being designed and constructed worldwide by large multi-national businesses, resulting in similar architecture and distribution of utilities within the structure with raised floors and suspended ceilings creating building voids through which fire and smoke can spread. Over 80 % by length of cables installed in new offices are communication cables and that could increase the fuel load in the event of a fire, an aspect addressed by relevant IEC installation standards (in Europe see EN 50174-2) and local regulations.
- i) For the purposes of defining the fire hazards and the fire performance to be specified, the typical installations as described above and shown in Annex A, can be categorized as in Table 2:

Table 2 – Typical cable installation categories

1	Horizontal installations in building voids
2	Vertical installations in riser shafts
3	General installations
4	Exposed work areas
5	Installations where protection of equipment is critical

5 Legislation and regulation

There are many different regional and local regulations. For example:

- a) In Germany, the amount of cable allowed in a public building is based on PCS values of 50 MJ/m² for halogen free cables and 25 MJ/m² for PVC cables. Guidance on the calculation of PCS is given by the German insurers [2].
- b) Building codes in the USA have stringent performance requirements. Cables installed in buildings are regulated by the National Electrical Code [3]. The fire performance requirements are specified either in code regulations (e.g. NFPA) as well as in specific product standards. Flame propagation and smoke are the main criteria for cables in building voids with forced air movement. This is achieved by either the use of highly flame retardant materials or installation of lower performing flame retardant cables into non-combustible conduit. Building codes are not mandatory, other codes that have different requirements can be used.
- c) In the UK, there is very little regulation for the fire performance of cables, although local regulation (local government, chief engineers) mostly advises low smoke halogen free materials for large communal area such as airports, railway stations and hospitals. In the building regulations, the main concerns regarding fire safety are: means of escape, fire spread and access facilities for the fire service. The IEE wiring regulations (BS 7671) state "cable when installed inside buildings should as a minimum meet IEC 60332-1-2". BS 7671 also states "when considering areas of higher concern, where risk of fire propagation is higher/long runs with bunches of cable, consideration should be given to cables that pass BS EN 60332 = IEC 60332-3-XX (complete series) dependant on the type of cable matched to the relevant number in the series".

- d) In South Africa, there is little or no regulation for the fire performance of cables in dwellings and high-rise buildings. The wiring code provides for the segregation of power and communication cables as well as the certification of installations by means of physical examination and electrical testing, by accredited persons. In the building regulations, the main concerns regarding fire safety are means of escape, the prevention of fire spread by the use of firewalls, fire fighting equipment and the accessibility of the premises for external fire fighting. In the mining industry, although not regulated, underground power and communication cables generally have a superior fire performance.
- e) Spain has legislation for public buildings, which now concentrates on low smoke considerations as well as increased fire retardancy.
- f) In Europe, developments with respect to cables and the Construction Products Directive may have a significant impact on the fire performance requirements for cables. The CPD has now been upgraded in importance to CPR (R) (Construction Product Regulation)[5].

The Construction Products Directive was published by the European commission in 1989, and has six essential requirements for building products, namely mechanical stability, safety in case of fire, health and environment, safety in use, protection against noise and energy economy. For safety in case of fire, a harmonized European system for the classification of the fire performance of building products and the corresponding test methods has been developed. The EN 50399 test proposed for fire classification of cables under the CPR was developed in part with the research by the FIPEC project, in which it was validated against real scale reference scenarios specific for cables.

It should be noted that the CPR is not intended to harmonize regulation, or to impose regulation where none exists, but it is intended to harmonize the classification of the reaction to fire of products, and the test methods used.

Self-certification of cable fire performance still exists generally, but the trend is to third party certification. Third party certification is practised in North America, and by the insurance industry, and in some cases required in Europe under the CPR.

6 Approach to fire mitigation

6.1 General

A balanced approach to fire mitigation should be used wherever possible. Assessing in isolation, i.e. using room by room designs, using test methods or fire hazards or mitigation is to be avoided.

6.2 Compartmentation (fire compartments)

Compartments should be created within the premises that are separated by vertical and horizontal barriers with appropriate levels of fire performance in order to:

- prevent the spread of fire and its effluent,
- reducing air flow,
- reduce the extent of loss.

The selection of compartment boundaries should take into account the impact of fire within each compartment. See ISO/IEC 14763-2 for advice on cable installations, fire barriers and fire-stops.

The fire performance of items within each compartment, in combination with the fire detection and suppression systems of the compartment, should:

- a) meet local and national regulations,
- b) reflect the risk to property, personnel and business continuity,
- c) be selected to satisfy the needs of the premises' owners, landlords, tenants and insurers.

6.3 Management of fire hazard

Before considering the fire hazard, compartmentation should already have been considered. In cases where the location and contents of specific compartments remove the need to consider fire dangers as described in Table 2, the maintenance of the boundaries of those compartments is critical to the fire performance on the premises as a whole. This is of paramount importance. Installation guidelines should be followed wherever possible.

The fire danger of each compartment should be assessed in accordance with Table 2, which gives an indication of the degree of mitigation that is necessary in a variety of installations.

Besides normal installation types, other factors should be considered as part of the risk assessment and business continuity analysis. The assessment should consider:

- a) architectural considerations,
- b) the fabric and contents of the compartment building,
- c) the requirements of the owners, landlords, tenants and insurers, including for example
 - i) protection of the building and its personnel,
 - ii) business continuity,
 - iii) aesthetics and finish,
 - iv) electrical and optical performance of the cabling system,
- d) the nature of the fire hazard
 - i) extent of the fire load within the local area where the cable is being installed, examples:
 - 1) debris fire waste paper/plastics collection areas, bins or boxes?
 - 2) furniture, density of the office, open plan?
 - 3) arson, ground floor access or side streets?
- e) chimney effects,
- f) forced air environments, coupled with a high fire attack, where the detection level is not up-rated to suit, specialist cable is a consideration, see 9.2.

In such cases, where the detection level is not up-rated to the required level, the use of cables with enhanced fire performance should be considered.

6.4 Cables that pass through several compartments

When economies of scale, speed of installation and overall practicality have to be considered, a most economic solution could be chosen using a cable of lower fire performance consistent with the need to evacuate personnel (see Table 1), in which case it is necessary to

- a) apply increased levels of fire protection in certain compartments served by that cable, such as the use of water sprinklers or the use of non-combustible conduit; or
- b) create additional sub-compartments in order to increase the level of fire protection; and/or
- c) raise the level fire performance of the cables.

7 Recent project for regulation – The FIPEC [6] project

This was a European commission and industry funded project set up to develop methods for measuring the fire performance of cables. The database generated by the project covered some fifty cables of various copper sizes and materials.

The most frequently used test methods to assess the fire performance of cables in Europe then were the IEC 60332-3 series and the IEC 60332-1 series. An objective of this study was to provide a means by which fire engineering considerations may be introduced to the cables sector of the European marketplace.

Applying the information developed by the FIPEC programme, it was found possible to modify the existing test of the IEC 60332-3 series to include heat release and smoke measurement. Changes to sample mounting, the option of a backboard with a more powerful ignition source and an increased airflow provide a better discrimination between cable performances.

Part of the FIPEC study was to determine the sensitivity of the various test parameters utilized for the test of the IEC 60332-3 series. This demonstrated that the most significant variable was in cable mounting. It was concluded that consideration of non-metallic materials content (the basis by which the quantity of cable sample to be mounted is selected) does not necessarily provide a risk hierarchy. When discussing the “influence of layers”, the report states “cable loading derived categories do not correspond with a risk hierarchy, e.g. a 7 l/m loading may not necessarily be a more severe test than a 1,5 l/m loading. These categories should be unambiguously separate from the inferences of risk assessment.”

The two scenarios (test methods) derived through the FIPEC study do not take non-metallic materials content into account when determining the quantity and configuration of cable sample to be mounted for fire testing. Instead, cable diameter is the prime determinant with, in every instance, a designated separation between adjacent cable samples. Cables having a diameter greater than 5 mm were mounted in a single spaced row, and smaller cables were mounted in non-twisted spaced bundles.

In test method scenario 1, considered to be slightly more severe than the IEC 60332-3 series, the flame attack is 20 kW (pre-mixed flame) and the airflow is increased. In test method scenario 2, considered to be more severe than the IEC 60332-3 series, the flame attack is 30 kW (pre-mixed flame), the airflow is increased and a non-combustible backboard is added.

Conclusions of relevance include the following.

- a) The current method and procedures by which cable performance is determined produces a prescriptive requirement that does not enable a graded classification of fire hazard, nor the provision of data by which fire hazard may be assessed.
- b) The IEC 60332-3 series is not sensitive enough to differentiate between cables with reasonable fire properties, and those with very good properties needed for high hazard or high-density telecommunication cable installations.
- c) The parameter that has the most effect on the test results is the method of mounting the tested cables.

NOTE Although the FIPEC project included only one data cable, private research [6] on 13 structured wiring cables has shown that although not as sensitive as NFPA 262 or EN 50289-4-11, with appropriate cable mounting configurations and performance boundaries, scenario 2 can differentiate the higher performing products.

Note that this project led to the writing of EN 50399, a fully integrated test method, which can, through specified air flow requirements and defined air inlet with the exact location, provide accurate and repeatable calibration before testing starts. These actions have enhanced the value of test results.

8 Fire protection

8.1 Traditional approach

For over 30 years, the traditional approach to the fire performance of cables has been based on test methods and requirements developed in response to particular major fires such as power cable fires in vertical shafts in power stations, fires in underground railway tunnels and fires in telephone exchanges.

The main hazards from the involvement of cables in fires were seen as heat release, smoke, fire propagation, acid gas and toxicity, but their importance was ranked differently depending on the type of installation, as shown in Table 3 below. For example, in general installations, fire propagation was seen as the most important consideration but where evacuation of people was vital, smoke was ranked higher than propagation. In installations where there were no or few people but expensive equipment critical to the business was present, the evolution of acid gas was seen as the greatest risk.

Table 3 – Traditional ranking of fire hazards

Ranking	Installations where evacuation of personnel is critical	General installations	Installations where protection of equipment is critical
0 (most important)	Ignitability	Ignitability	Ignitability
1	Smoke fire effluent	Heat release/flame spread	Corrosive fire effluent
2	Heat release/flame spread	Smoke fire effluent	Heat release/flame spread
3	Toxic fire effluent	Corrosive fire effluent	Smoke fire effluent
4 (least important)	Corrosive fire effluent	Toxic fire effluent	Toxic fire effluent

To evaluate cable fire performance in relation to the hazards in Table 3, several separate test methods were developed; these specifications usually included a requirement. For example, in test method EN 50399 (using the IEC 60332-1 (all parts), IEC 60332-2 (all parts) and IEC 60332-3 (all parts) test apparatus design and ladder) is developed to include tests for: heat release (total and rate) and smoke (total and rate), software to produce reporting as to the time to the first peak of both heat and smoke is included. In addition, flame spread is also recorded. An improved air inlet and method to mount cables has improved repeatability. The test includes a set up with a more severe test, where increased flame (30 kW) and a backboard mounted on the ladder are included for differentiation between the very high performance cables. Another example, IEC 60332-3-24, category C, describes how the 20 kW flame test is used to assess the fire propagation of vertical bunches of cables by measuring the length of char damage after completion of the test. A length of char that is less than 2,5 m is necessary to pass this test. The IEC 61034 series assesses smoke generated by samples of cables exposed to an alcohol fire source in a 3 m³ enclosure, where a minimum light transmittance of 60 % is required. IEC 60754-1 is described as a test on gases evolved during combustion of materials from cables: determination of the halogen acid gas content from burning small samples of materials (approximately 1 g). IEC 60754-2 tests on gases evolved during combustion of materials from cables: determination of acidity (by pH measurement) and conductivity.

Thus, a cable fire performance meeting the requirements of IEC 60332-3-24, Category C, the IEC 61034 series and IEC 60754-2 as shown in Table 4 has, in the past, been deemed to be satisfactory. The other categories, A, B and D (IEC 60332-3-20 onwards) are dependent on the cable's outside diameter; it does not necessarily define levels of severity as cable mounting, discussed before, has a greater influence. Category C has in the past been generally used for structured wiring due to the diameter of the generic cable.

Table 4 – Cable fire performance requirements

Parameter	Test method	Requirement
Integrated test	EN 50399	Char, heat, rate of heat, smoke, rate of smoke production, FIGRA, SMOGRA
Fire propagation	IEC 60332-3-24, Category C	Char less than 2,5 m at completion of the test
Smoke	IEC 61034 series	Minimum light transmittance 60 %
Acid gas	IEC 60754-2	pH not less than 4,3 Conductivity not more than 10 µS/mm

8.2 Fire hazard considerations

The traditional approach to the fire performance of cables was based on the hazards presented by the cable designs, cable-making materials and installations applicable at that time. Since then, new cable designs, materials and installation practices have been deployed, particularly for communication and computer cables. Recent and current research has introduced considerations of fire science and fire engineering, and discussions with fire professionals have shown their major concerns to be building evacuation, fire fighter safety, smoke, heat, flame re-ignition, flashover, flashback and structural collapse.

Guidance concerning the threats to life from fire hazard is given in ISO 13571. General guidance on the fire hazard of electrotechnical products is given in IEC 60695-1-10. Guidance on the fire hazard assessment of electrotechnical products is given in IEC 60695-1-11.

Many more fires have occurred which have shown that communication cables are still not a primary source of fire, but they may be involved in fires caused, for example, by electrical faults in power equipment, lighting fittings and cabinet fans. Power equipment fires can cause riser cable fires, rubbish fires have caused fires in computer room cabling and lighting fitting faults have caused fires in concealed ceiling voids.

The results of research indicate that when considering suitable test methods to assess cable reaction to fire characteristics, the following should be taken into account.

- a) Smoke: When considering the evacuation of a building in an evolving fire scenario, smoke evolution and smoke density are critical hazards. Whilst smoke can be evaluated from many perspectives and has many components, the primary hazard assessment parameter is the measurement of smoke obscuration or the visible part of the fire effluent. Several test methods exist for the separate measurement of total smoke production, smoke production rate or light transmittance (optical density of smoke), IEC 61034, for example, for light transmittance which is the 3 m³ test and is independent to the criteria by which the primary reaction to fire parameters are measured. EN 50399 can measure smoke rate and total smoke production: it is recommended that smoke measurement for construction products like cables should be part of an integrated testing protocol as in EN 50399.

Measurement of parameters such as rate of smoke production, peak smoke production rate, and total smoke production can enable the establishment of criteria to classify product performance. With measurements of light transmittance through the fire effluent and descriptions of peak and average optical density (in test methods EN 50399, NFPA 262 and EN 50289-4-11), peak smoke production rate and total smoke production at a given time, data can be generated to establish appropriate criteria for product performance and selection.

The traditional IEC 61034 series test is carried out on relatively short lengths of cable exposed to an alcohol fire source in a 3 m³ enclosure. Intended to represent a rubbish fire in an underground railway tunnel, it has no real scale scenario and it is not representative of communication cable installations in buildings.

Attention is drawn to the guidance on smoke opacity given in IEC 60695-6-1, and to IEC 60695-6-2 which gives a summary of smoke test methods, including comments on their relevance.

- b) Heat: Heat is a fire hazard not previously addressed by IEC cable standards.

Generally, cables would be involved in a developing fire, but with the advent of the IT office and workstations, a new fire hazard has been identified. This hazard starts with a fire in a waste paper basket under a workstation (common problem with cigarettes) which tests have shown can result in a 1 MW to 5 MW fire.

Modern cable installation practices, particularly with structured wiring systems, have resulted in building voids which become densely packed with communication cables, thereby increasing the fuel load. If redundant cables are not removed, many generations of cables may be present with different (and sometimes less safe) fire performances and

different fuel loads. It is recommended therefore that cable fire performance requirements should include heat release as a major parameter.

As a matter of good practice, cable installers should remove redundant cables before installing new ones.

Attention is drawn to the guidance on heat release given in IEC 60695-8-1 and to the summary and relevance of test methods given in IEC/TR 60695-8-2.

- c) Flame spread: Some test methods measure flame spread during the test, and others measure char length after the test. Some sheathing materials are designed to char in order to restrict flame propagation, in which case the char length after the test can be greater than the flame spread during the test. It is now recognized that the measurement of char at the completion of the test is not a measure of flame spread and research, such as the FIPEC project, suggests that heat release rate is a better measure of fire growth.

Attention is drawn to the guidance on surface spread of flame given in IEC 60695-9-1 and to the summary and relevance of test methods given in IEC/TS 60695-9-2.

- d) Effluent, corrosion damage: Terms such as acid gas, acidity and conductivity defined by indirect measurements of halogen content and pH are not well understood in relation to fire hazards. In the first edition of IEC 60754, (from which the new edition of the IEC 60754 series and EN 50267-2-3 were derived), the hazard is described as the concern expressed by cable users over the amount of acid gas evolved when cable insulating, sheathing and other materials are burned, since this acid can cause extensive damage to electrical and electronic equipment not involved in the fire itself. It is also stated "although there is no direct quantitative correlation between pH and corrosivity, the determination of pH and conductivity of evolved gases usually gives a qualitative indication of the possible corrosivity of the gases evolved during a fire". There is no real scale scenario for the hazard of acid gas, and the technical justification for the requirements in the IEC 60754 series is not clear.

IEC 60695-5-1 gives general guidance on the corrosion damage effects of fire effluent, and points out that indirect tests which measure pH, conductivity and concentration of acids have the advantage of being relatively simple, but have the disadvantage that they do not measure corrosion damage. However, such damage can be assessed in terms of the damage to metal test specimens, or to the rate of functional impairment of test circuits. Such direct methods should be considered as more appropriate tests than IEC 60754 or EN 50267. IEC/TS 60695-5-2 gives a summary of corrosivity test methods, including comments on their relevance.

IEC/TS 60695-5-2 is a summary of test methods for the corrosion damage effects of fire effluent, including comments on their relevance.

- e) Effluent; toxic fire effluent: Fire effluent consists of a complex mixture of solid particulates, liquid aerosols and gases. Although fires may generate effluent of widely differing compositions, toxicity tests have shown that gases are a major factor in the causes of acute toxicity. The predominant acute toxic effects may be separated into two classes:

- asphyxiant effects,
- sensory and/or upper respiratory irritation.

Both asphyxiants and irritants can incapacitate persons attempting to escape from a fire, and they can, ultimately, be lethal.

There is no real scale scenario or test method for the evaluation of the toxic hazard from burning cables. However, there are test methods to determine the toxic potency of fire effluent produced from the combustion of materials. Such toxic potency data can then be used as part of a hazard analysis.

Guidance on the toxicity of fire effluent is given in IEC 60695-7-1, and IEC 60695-7-2 gives a summary of toxicity test methods, including comments on their relevance. IEC 60695-7-3 describes the use and interpretation of toxicity test results.

- g) Fire spread routes: Note should be made of the examples of fire spread routes as identified by ISO TC 92. Fire spread within roofs, above ceilings, below floors and through horizontal and vertical building voids are considered relevant to communication cables in buildings. For example, Clause 6 of ISO 19706:2011 discusses generation and nature of effluent.

8.3 Fire hazards of cables

Data from cable fires and from research indicate that the following fire hazards and fire parameters need to be considered in cable specifications:

- ease of ignition,
- heat – total heat release, rate of heat release, peak heat release, flashover, structural integrity,
- fire propagation – flame spread, flaming particles/droplets,
- fire effluents – smoke, toxins (asphyxiants and irritants), corrosivity,
- effects on electrotechnical performance.

9 Test methods

9.1 Review

During the last ten years, many amendments and additions have been made to test methods. The most up to date review of cable fire test methods is contained within the IEC TC 89 series of standards which give a summary and relevance of test methods for electrotechnical products. These cover: ignitability, heat release, surface spread of flame, smoke, corrosivity and toxicity. A summary is given in Annex A of IEC 60695-1-10:2009. Cable test methods can be grouped and ranked in terms of severity as shown in Table 5. A further review of the current status of these various test methods is shown in Annex C.

Table 5 – Test methods

Most severe	NFPA 262	EN 50399 30 kW	CSA FT6
	UL 1666		EN 50399 (20 kW) Integrated
	IEC 60332-3 series	IEC 60332-3 series	
	UL 1685 (method 1)		
Least severe	IEC 60332-1 series	UL VW-1	IEC 60332-1 series

9.2 NFPA 262/EN 50289-4-11

The NFPA 262 (formerly UL 910) real scale scenario is a horizontal ventilation shaft containing cables with a wood crib fire that produces 88 kW. The test was developed for building products and, initially, the main interest was flame spread and smoke.

There are 4 apparatuses worldwide (3 in the USA and 1 in Japan) that have undergone extensive harmonization.

EN 50289-4-11 is the European test method derived from NFPA 262, and is specified for cables for harsh environments in IEC 62012-1.

The recommended use for this test is in defining the fire performance of cables in the following:

- horizontal high-density telecommunication installations with forced air and low level detection and suppression systems;
- high-risk/high-hazard installations e.g. aerospace, nautical, oil apparatuses, tunnels etc.

Advantages:

- the test is capable of discriminating between the performances of different highly flame retarded cables;
- the test corresponds to a real scale fire scenario.

Disadvantages:

- there is only limited apparatus availability;
- the test is not suitable for cables that are not highly flame retardant.

9.3 EN 50399

Integrated fire test apparatus: This is based upon the IEC 60332-3 test apparatus but with advanced calibration, air flow and conditioning applied. There are two scenarios, where two fire attacks are available. One uses a 20 kW ignition source and the other uses a 30 kW ignition source together with a backboard.

NOTE The 30 kW EN 50399 and NFPA 262 (UL 910) vertical tests are of a similar severity.

The main advantages compared to the IEC 60332-3 apparatus are as follows:

- an improved ventilation system as the air inlet and air flow are now specified;
- the sample selection is now not a consideration, the old method using litres of combustible material as the ladder is loaded by a single layer spaced only by the cable outside diameter;
- any apparatus to apparatus variation is reduced as a start-up calibration method removes discrepancies (pre-mix burner easy to calibrate) before a test can begin;
- an improved heat source for product differentiation using 2 methods;
- sample mounting improved; new mounting method has increased differentiation between relevant fire retardancy levels;
- a FIPEC reference fire scenario available to reference all tests;
- comprehensive test results generating “reaction to fire” data available after every test;
- an installation type bundle method of loading the ladder would disguise performance assuring that the present single cable spaced version is worst case.

Disadvantages:

- an unrealistic premix burner compared to a real fire scenario;
- inconsistent results for cables under 5,0 mm due to bundling where interpretation of the bundle method and lay can change results;
- cable mounting does not represent installation practice as all communication installations rarely leave spaces;
- cable test method to differentiate clearly between cable families, not an installation test method indicating performance of bundled cables laid horizontally.

9.4 IEC 60332-3 series

This test was developed to simulate a fire in a vertical shaft in a power station with large electrical cables mounted on vertical ladders. There is no known real scale scenario.

Sample selection is based on non-metallic volume, Category A requiring 7 l/m; Category B requiring 3,5 l/m; Category C requiring 1,5 l/m and Category D requiring 0,5 l/m.

If this test is used for small communication cables, very large numbers of cables can be involved and the test becomes a material test that is not representative of typical communication cable horizontal installations.

Initially, the only criterion of performance was a char length less than 2,5 m after completion of the test.

Advantages:

The test apparatus equipment is widely available.

Disadvantages:

- un-calibrated air flow causing insufficient ventilation and air inlets placed anywhere on the floor of the apparatus;
- loading and sample selection is by volume of non-combustible material, which can cause interpretation by the operator loading cable (tight or loose layers?) causing variations in results even on the same cable types;
- some apparatus to apparatus variation by design and interpretation of layout;
- some limited harmonization, usually between companies;
- some insufficient heat source for product differentiation, especially for higher flame resistance products;
- test has not shown to be relevant to communication cable installations (no real scale scenario);
- testing on completion does not generate “reaction to fire” data for fire engineering but only a char length;
- uncontrolled apparatus environment due to little calibration, especially from apparatus to apparatus;
- unrealistic pre-mix burner when compared to a real fire scenario situation.

9.5 UL 1666

This test method represents real installations of communication cables in a vertical riser shaft that breaches floors in a building. Samples are mounted in one layer of touching cables, over a width of 300 mm.

The advantages include conditioned samples and simplicity of test.

Amongst the disadvantages are that smoke is not measured and availability of the apparatus is limited.

9.6 UL 1685/CSA FT4

UL 1685 represents vertical tray installations in a nuclear power station. It is a general purpose test for building wires, data and power cables and other relatively low fire performance cables. It has adequate airflow but is not environmentally controlled.

The samples are mounted in one layer, spaced over a width of 150 mm. The criteria of performance are char and smoke production with heat release as an option. CSA FT4 is a Canadian test using the same method but with an angled burner and bundled cables.

9.7 Other considerations

9.7.1 Sample selection

Sample selection by volume of combustible material is not suitable for discriminating the fire performance of communication cables where the ratio of combustible to non-combustible materials is high. At 1,5 l/m the test is a materials test, discriminating against the more sophisticated materials, e.g. cables using thinner thickness of higher performance materials would need a larger number of cables to keep the combustible content constant. More cable

lengths can actually disguise the result and indicate a performance that is better than expected. The ratio of metal to combustible material per cable can also enhance performance.

9.7.2 Cable mounting

Several test methods use cables mounted in bundles, either twisted or parallel with bundles generally spaced. IEC 60332-3-24, Category C, uses cables touching in multiple layers whilst others use one layer of touching cables. Experience with testing cables in bundles has shown practical problems with achieving a consistent repeatable test configuration, for example single cable spacing as in EN 50399. For example, tightness of bundling can give either a chimney effect if slack, or protection to the centre cables if tight and the bundle configuration can be more or less severe depending on cable designs and materials. The problem is more pronounced if, as in the FIPEC test methods, the bundles are not twisted.

9.7.3 Conditioned environment

Only one test method calls for the test apparatus to be installed in a conditioned environment, and the harmonization programme for NFPA 262 showed it to be important. Other tests such as IEC 60332-3-24, Category C, and EN 13823 do not require such controls and more consideration needs to be given to which tests need a conditioned environment and for which tests it is not important. For good practice, a conditioned environment is recommended. EN 50399 in comparison uses specialized calibration procedures before starting the testing that can only be achieved by a stable environment.

9.7.4 Real scale scenario

It is essential that all test methods have a good correlation to a real scale scenario, an example of which is ISO 9705.

As many as possible of the fire performance parameters for fire hazard assessment should be measured in the same integrated test method.

9.8 Test method conclusions

The main cable test methods could be the four test methods, as follows.

- a) A severe horizontal test such as EN 50289-4-11. This method can be used to define the enhanced fire performance required for high density and hazardous installations with forced air. A test duration of 20 min is recommended.
- b) The tests EN 50399, IEC 60332-1, IEC 61034-2 and EN 50267-2-3 are now the harmonized (legal European documents for a regulation) test methods for "CPR" [5] CE marked cables in Europe. After extensive trials and round robins, the overall result (for cables > 5 mm OD) is one that shows good repeatability and reproducibility, something that the European legislation demands before allowing the regulation to become a legal harmonized document. This is an integrated test method using advanced measuring devices to collate a whole range of results that are used in fire safety engineering.
- c) For ignitability, the IEC 60332-1 series offers an appropriate test for communication cables.
- d) For installations with equipment critical to business continuity, a suitable corrosivity test is one that directly measures functional impairment.

10 Fire performance requirements

10.1 Parameters

The traditional fire performance requirements specified in cable standards are no longer appropriate for modern installations of communication cables in buildings. In particular, an enhanced fire performance is necessary, when all advice for compartmentation and fire

detection/suppression has been ignored, to mitigate the hazard presented by heavy concentrations of data cables in horizontal concealed spaces.

Research has shown that the hazards to be addressed in cable standards should now be heat, smoke, propagation, ignitability and effluents. The test parameters specified should relate to the end-use application and typical installation practices, and the test methods should have a good correlation to a real scale scenario.

Attention is drawn to the work of IEC TC 89 (*Fire Hazard Testing*), and the parameters addressed in the IEC 60695 series of publications. These include the following, all of which are relevant to the burning behaviour of cables:

- peak heat release rate,
- total heat release,
- peak smoke production rate,
- total smoke production,
- peak optical density,
- average optical density,
- flame spread,
- ignitability,
- flaming droplets,
- corrosion,
- toxicity.

10.2 Heat

The importance of heat release as a fire performance parameter is recognized by EN 13501-1 which specifies total heat release and FIGRA index measured in the EN 13823 test. The FIGRA index is a fire growth rate index derived from the peak heat release and the time at which the peak occurs.

For modern communication cables, the demanding electrical transmission requirements at high frequencies restrict the choice of insulating materials to a few electrically pure materials with low permittivities and dielectric losses. A wider choice of materials is available for sheathing, but when fire performance is important, consideration should be given to properties such as gross heat of combustion as shown in Table 6.

Table 6 – Typical communication cable materials

Application	Material	Heat of combustion kJ/g
Insulation	PP (flammable)	46,5
Insulation	PE (flammable)	46,3
Sheath	Halogen free (Flame retardant)	15 to 25
Sheath	uPVC	17,5
Sheath	PVDF	14,9
Sheath	PVC (low smoke)	4 to 8?
Insulation	FEP, PTFE, PTFE-HFP	5,1

With these materials, two burning behaviours can be experienced with communication cables, those for which any burning occurs early, and those for which by the nature of their construction or sheathing materials, burning occurs at a later stage in a fire. For these parameters, the measure of fire performance shall address both peak heat release and total

heat release, the latter being defined with values specified at various stages of the test. EN 50399 is a 20 min test, and by measuring heat release throughout the test and total heat release at 10 min and 20 min, fire growth can be specified.

The recommended requirements and test methods for heat are shown in Table 7.

Table 7 – Recommended requirements for heat

Test method			Installation	Peak ^a HRR kW	Total HR ^a	
Reference	Heat source kW	Airflow			600 s MJ	1 200 s MJ
EN 50289-4-11	88	7 m ³ /min	Horizontal	90	20	40
EN 50399	30	8 m ³ ·min ⁻¹ ± 0,4 m ³ ·min ⁻¹	Vertical/Horizontal	20	N/A	15
EN 50399	20	8 m ³ ·min ⁻¹ ± 0,4 m ³ ·min ⁻¹	Vertical/Horizontal	60	N/A	30
EN 50399	20	8 m ³ ·min ⁻¹ ± 0,4 m ³ ·min ⁻¹	General	400	N/A	70
^a Recommended values						

10.3 Effluent smoke

Smoke emission during a fire is an important element of fire safety, and performance should be specified for horizontal, vertical riser and general installations. A requirement for a real scale reference scenario applies to smoke as well as other reaction to fire parameters and it is therefore appropriate to integrate smoke measurements into the fire performance test methods. EN 13501-1 defines smoke in terms of total smoke production and SMOGRA index but, applying the same logic as with FIGRA index, an approach specifying peak smoke production and total smoke production is preferred.

The recommended requirements and test methods for smoke are shown in Table 8.

Table 8 – Recommended requirements for smoke

Test method				Installation	Peak SPR ^a m ² /s	Total SP ^a	
Reference	Flame type	Heat source kW	Airflow			600 s m ²	1 200 s m ²
EN 50289-4-11	Diffusion	88	7 m ³ /min	Horizontal	0,35	75	80
EN 50399	Pre-mix	30	8 m ³ ·min ⁻¹ ± 0,8 m ³ ·min ⁻¹	Vertical	0,25		50
EN 50399	Pre-mix	20	8 m ³ ·min ⁻¹ ± 0,8 m ³ ·min ⁻¹	Vertical	0,25		50
EN61034	Diffusion	1 l alcohol	Natural	Horizontal	Light transmittance > 60 %		
^a Recommended values							

10.4 Propagation

Propagation is defined by flame spread. The regulation requiring the measurement of flame spread applies only to enhanced fire performance cables tested to NFPA 262, EN 50399, IEC 60332-1-2 and the IEC 60332-3 series.

10.5 Ignitability

The existing requirements of the IEC 60332-1 series are deemed satisfactory for end-use applications such as exposed work area cables or patch cords.

10.6 Damaging effects of fire effluents

Taking into account the guidance given in IEC 60695-5-1 on corrosion, it is recommended that the damaging effects of fire effluents be assessed by a corrosivity test that directly measures functional impairment. For guidance on test methods, see IEC/TS 60695-5-2.

10.7 Flaming droplets

EN 13501-1 requires the observation of any material separating from the samples during the EN 50399 test, and a measurement of the duration of any flaming. Flaming droplets can be a source of fire spread, and it is recommended that in tests to EN 50289-4-11 and EN 50399, the maximum duration of any such secondary flaming be specified as 10 s.

10.8 Toxicity

IEC 60695-7-1 gives general guidance on the toxicity of fire effluents. However, current knowledge of the specific hazards presented by cables is such that for the moment it is considered that any requirements for toxicity are beyond the expectations of cable specifications. IEC TC 89 recognizes that the effective mitigation of toxic hazard from electrotechnical products is best accomplished by tests and regulations leading to improved resistance to ignition and to reduced rates of fire growth, thus limiting the level of exposure to fire effluent.

Annex A (informative)

Procedure for mounting cable – Typical communication cable installations

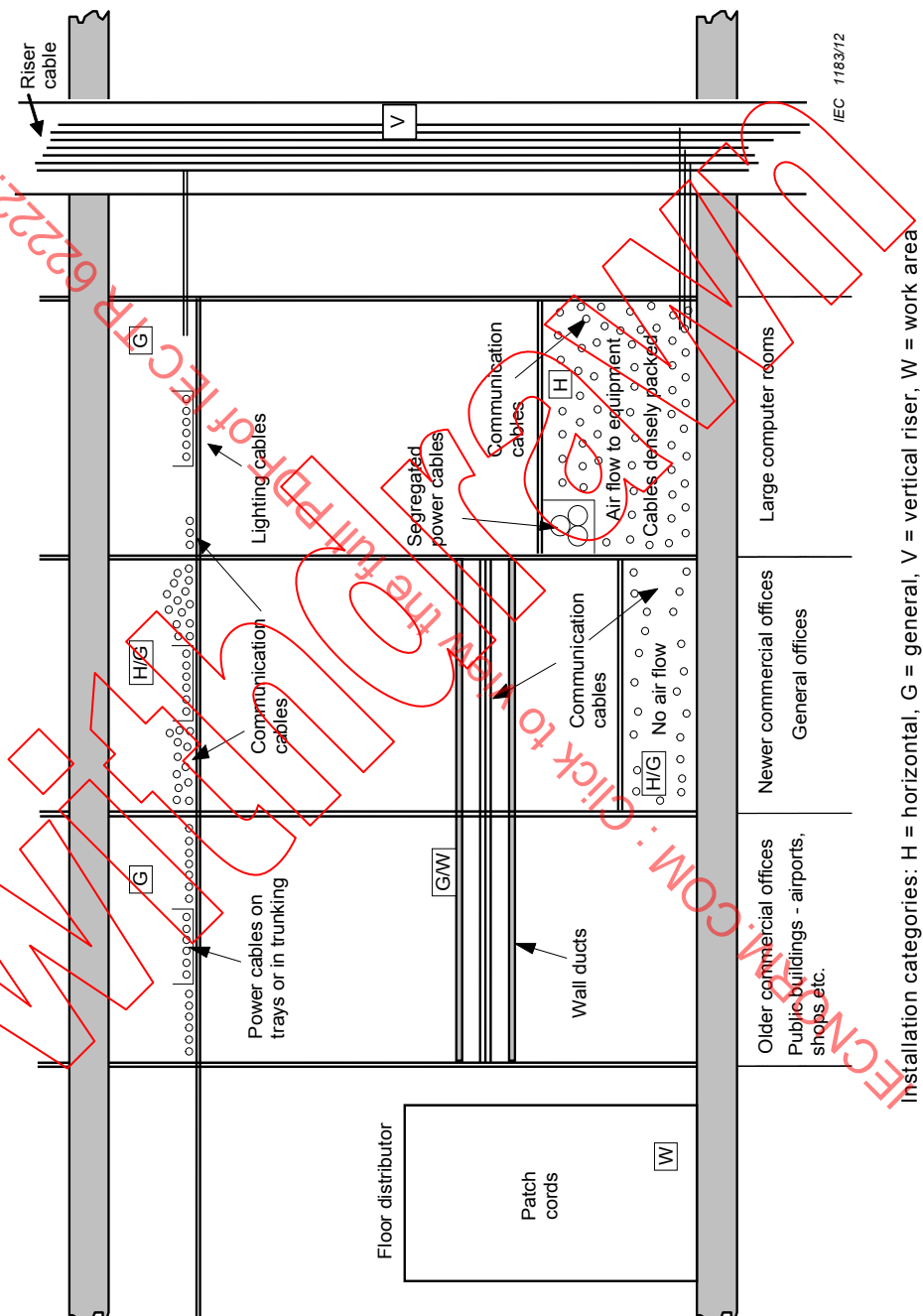


Figure A.1– Procedure for mounting cable – Typical communication cable installations

Annex B (informative)

Fire hazards/installations/applications/test methods for communication cables in buildings

Table B.1 – Fire hazards/installations/applications/test methods for communication cables in buildings

Installation	Fire hazard parameter	Test methods		
		Horizontal installations with forced air	Vertical riser installations	General/horizontal installations
Installations where evacuation of personnel is critical	Heat flame spread Smoke	EN 50289-4-11 EN 50399 (30 kW)	EN 50399	EN 50399 (20 kW)
	Toxicity	Under consideration (IEC TC 89 and ISO TC 92)		
Installations where protection of equipment is critical	Heat flame spread	EN 50289-4-11 EN 50399 (30 kW)	EN 50399	EN 50399 (20 kW)
	Corrosivity	A corrosivity test that directly measures functional impairment (see IEC/TS 60695-5-2)		
All other installations	Ignitability	IEC 60332-1 series		

Annex C (informative)

Review of test methods

Table C.1 – Ignitability

Test method	UL VW-1	IEC 60332-1 series and for small fibre cables IEC 60332-2-2
Cable orientation/mounting	Vertical single wire or cable	Vertical single wire or cable
Test duration	Variable, 1,5 min to 6 min	Variable, 1 min to 8 min
Heat source	500 W Tirrill burner mounted 20° to vertical, flame applied 5 times at 15 s (or more) intervals	1 kW Bunsen burner mounted 45° to vertical
Airflow	Convection	Convection
Test specimen conditioning	Open laboratory but should be in a closed draught free chamber Cables conditioned 48 h 50 % RH 23 °C	Open laboratory, but should be draught free Cables conditioned 16 h 50 % RH 23 °C
Test runs	Varies	1 or 3 depending on results
Requirements if not specified in the cable specification	Maximum burn distance 25,4 mm Maximum time after flame removal 60 s No flaming drips or sparks	Distance between top support and char less than 50 mm If downward burning occurs, distance between it and top support should be less than 540 mm
Real scale reference scenario	None	None
Major attribute	None	None
Test used for	Residential installations for low performance cables, appliance wire and building wire Small scale test for ignitability	Small scale test for ignitability
Advantages	Simple test for small wires and cables Available worldwide	Simple test for small wires and cables Available worldwide
Disadvantages	Not suitable for large cables Not generally used for communication cables	IEC 60332-1-3 Does not test for flaming droplets IEC 60332-2-2 may be suitable for very small optical cables

Table C.2 – Vertical tests (1 of 3)

Test method	UL 1685/CSA FT4	IEC 60332-3
Cable orientation and mounting	Vertical tray, 2,5 m long 300 mm wide 1 layer 152 mm wide cables spaced 0,5 × overall diameter For CSA FT4, cables are bundled	Vertical ladder, 2,5 m long, 500 mm wide Multiple layers non-metallic 1,5 l/m for Category C, 0,5 l/m for Category D Layer width 300 mm
Test duration	20 min	20 min
Heat source	20,6 kW burner, horizontal for UL 1685, angled 20 °C to horizontal for CSA FT4	20,6 kW burner
Airflow	Convection	5 000 l/min
Test specimen conditioning	Chamber in open laboratory, chamber should be dry Cables conditioned 3 h (minimum) at 23 °C	Chamber in open laboratory Cables conditioned 16 h at 20 °C
Test runs	2 in a row to pass	1 to pass
Requirements if not specified in the cable specification	Char 2,4 m for UL 1685, peak SPR 0,25 m ² /s TSP 95 m ² over 20 min	Char 2,5 m
Real scale reference scenario	None	Unknown
Major attributes	None	None
Test used for	General purpose installations for data, power and low performance cables.	All cables
Advantages	HR and SP are easy to incorporate. Adequate airflow	Available worldwide HR and SP are easy to incorporate
Disadvantages	Only available in North America No HR or SP in CSA FT4 Not environmentally controlled	Insufficient ventilation Mass volume loading (layers of cables) makes it a material test rather than a cable test Variability of test apparatus, no round robin data Heat flux too low for differentiation Questionable relevance to communication cables Not environmentally controlled Does not generate data suitable for fire safety engineering purposes
Notes	Similar to IEC 60332-3 series except for airflow CSA FT4 is more severe because of angled burner, bundled cables and char limit	Technical Report until recent conversion to a standard Originally developed for power cables on ladders in vertical shafts in power stations For cable with much larger outside diameter or copper conductor IEC 60332-3 Cat A F/R, A and B could be used

Table C.2 – Vertical tests (2 of 3)

Test method	UL 1666	EN 50399
Cable orientation and mounting	Vertical Single layer, cables touching, 300 mm wide Cables clamped at both ends – no tray or ladder	500 mm wide single layer single cable spacing
Test duration	30 min	20 min
Heat source	154 kW burner	20 kW or 30 kW
Airflow	Non-restricted convection – fan to impinge flame on cable	(8 000 ± 800) l/min
Test specimen conditioning	Chamber in open laboratory (controlled environment being introduced) Cable conditioned 24 h, 50 % RH, 23 °C	16 h at a temperature of (20 ± 10) °C
Test runs	2 in a row to pass	1 to pass
Requirements if not specified in the cable specification	Flame height 3,6 m, temperature rise 472 °C	Depending on area of installation from data provided e.g. FS HRR, SPR, etc.
Real scale reference scenario	None	Real scale test methods (vertical and horizontal) developed in the FIPEC project described in 2.3.1 of the FIPEG-Final Report (ISBN 0 9532312 5 9)
Major attributes	Measures flame spread and temperature rise based on typical real installation	Integrated fire test taking detailed data throughout test after complete calibration
Test used for	Vertical installations in risers and shafts that breach floors	All installations
Advantages	Conditioned cables for test consistency Established test for communication cables HR and SP are easy to incorporate Environmental control being introduced	Repeatable. Calibrated Good fire data for detailed engineering and fire safety
Disadvantages	No apparatus in Europe Does not measure smoke	Apparatus available
Notes		

Table C.2 – Vertical tests (3 of 3)

Test	EN 50399 (30 kW)
Cable orientation and mounting	Vertical 500 mm wide single layer single cable spacing
Test duration	20 min
Heat source	30 kW burner
Airflow	7 m ³ /min
Test specimen conditioning	16 h at a temperature of (20 ± 10) °C
Test runs	1 to pass
Requirements if not specified in the cable specification	For NFPA 262, flame spread 1,75 m 7 HR 10 M; HRR 20 kW
Real scale reference scenario	Based on real scale test methods (vertical and horizontal) developed in the FIPEC project described in 2.3.1 of the FIPEC Final Report (ISBN 0 9532312 5 9)
Major attributes	Measures reaction to fire for cables
Test used for	Horizontal high density communication cable installations High-risk, high-hazard installations e.g. aircraft, ships, oil apparatuses, etc. Installations subject to regulation
Advantages	Recognised for EU for regulation Several harmonised facilities (Europe 5 apparatuses) Detailed test Exhaustive calibration techniques EN 50399 includes heat and flaming droplets Less labour intensive than IEC 60332-3-24, Category C
Disadvantages	

Table C.3 – Horizontal tests for forced air systems

Test		EN 50289-4-11/NFPA 262
Cable orientation and mounting	Horizontal Cables side by side in a single 300 mm layer on a 7,5 m ladder	
Test duration	20 min	
Heat source	88 kW burner	
Airflow	(8 000 ± 800) l/min	
Test specimen conditioning	Chamber in environmentally controlled laboratory, cables conditioned 24 h, 50 % RH, 23 °C	
Test runs	2 in a row to pass	
Requirements if not specified in the cable specification	For NFPA 262, flame spread 1,5 m, peak OD 0,5 and average OD 0,15 Requirements for EN 50289-4-11 are given in the cable specifications	
Real scale reference scenario	The "Cardington" test apparatus for EN 50289-4-11: 2 rooms with connecting corridor for NFPA 262	
Major attributes	Measures reaction to fire for cables	
Test used for	Horizontal high density communication cable installations High-risk, high-hazard installations e.g. aircraft, ships, oil apparatuses, etc. Installations subject to regulation	
Advantages	R5 harmonised facilities (3 in USA, 1 in Japan) Detailed testing Reference cable used for calibration Controlled environment for consistent results with preconditioned cables EN 50289-4-11 includes heat and flaming droplets Less labour intensive than IEC 60332-3-24, Category C	
Disadvantages	Limited number of test facilities	

Table C.4 – Indirect measurement of smoke

Test method	IEC 61034 series (3 m ³)
Cable orientation/mounting	Horizontal, single or bunched depending on cable diameter 1 m lengths of cable mounted horizontally above the fuel source
Test duration	Approximately 40 min
Heat source	Ethanol/methanol/water mix, contained in metal tray below cable
Airflow	Convection
Test specimen conditioning	Test chamber in open laboratory conditions Test chamber temperature 25 °C before test Cables conditioned for 16 h at 23 °C
Test runs	1 or 3 depending on results
Requirements if not specified in the cable specification	Minimum light transmission 60 %
Real scale reference scenario	None
Major attribute	None
Test used for	–
Advantages	Available in Europe Cumulative method (with possibly higher sensitive)
Disadvantages	No controlled environment Not representative of actual cable installations in buildings (represents cables in underground railway tunnels) Sample selection is arbitrary No relationship to smoke measurements in an integrated test Heat source insufficient – can only scorch sheath and not test complete cable

Annex D (informative)

Fire performance requirements

Table D.1 – Fire performance requirements

Test method	Installation	Peak HRR kW	Total HRR		Peak SPR m ² /s min.	Total SP		Peak OD	Average OD	Flame spread M max.
			600 s MJ max.	1 200 s MJ max.		600 s m ² /s min.	1 200 s m ² /s min.			
EN 50289-4-11	Horizontal voids With forced air	90	20	40	0,35	75	80	0,5	0,15	1,52
EN 50399 (30 kW)	Horizontal voids With forced air	20	n/a	10	0,25	n/a	50	n/a	n/a	1,75
EN 50399 (20 kW)	Areas of high concern	30	n/a	15	0,25	n/a	50	n/a	n/a	1,5
EN 50399 (20 kW)	Vertical riser/horizontal	60	n/a	30	1,0	n/a	240	n/a	n/a	n/a
	General/ horizontal	400	n/a	70	0,75	n/a	160	n/a	n/a	n/a

Table D.2 – Single cable burn test

Test method	Installation	Corrosion	Burn length
IEC 60332-1 series	Exposed work area	–	425 mm

Although the above criteria represent a performance hierarchy, it should be noted that as the test methods are different, the criteria may be different from test to test. When considering best practice, the test results should be taken in context and not as a pass or fail. The type of installation will determine which test is appropriate and how to qualify the cable performance requirement.

Bibliography

- [1] IEC 60695-5-3, *Fire hazard testing – Part 5-3: Corrosion damage effects of fire effluent – Leakage current and metal-loss test method*
- [2] Heat of combustion of cable and wire insulations – association of German Insurers
- [3] National Fire Protection Association, NFPA 70, 2002, National Electrical Code®
- [4] National Electrical Manufacturers Association
- [5] Construction Products Regulation CPR (R) (European Regulation)
- [6] Fire Performance of Electric Cables FIPEC Final Report (ISBN 0 9532312 5 9)

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TR 62222:2012

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	46
1 Domaine d'application	48
2 Références normatives	48
3 Termes, définitions et abréviations	51
3.1 Termes définis	51
3.2 Abréviations	60
4 Installations classiques des câbles de communication	62
5 Législation et réglementations	63
6 Approche de la limitation du feu	64
6.1 Généralités	64
6.2 Compartimentation (compartiments feu)	65
6.3 Gestion du danger d'incendie	65
6.4 Câbles traversant plusieurs compartiments feu	66
7 Projet récent pour la réglementation – Projet [6] FIPEC	66
8 Protection contre l'incendie	67
8.1 Approche traditionnelle	67
8.2 Considérations sur le danger d'incendie	69
8.3 Dangers d'incendie des câbles	71
9 Méthodes d'essai	71
9.1 Revue	71
9.2 NFPA 262/EN 50289-4-11	72
9.3 EN 50399	72
9.4 Série CEI 60332-3	73
9.5 UL 1666	74
9.6 UL 1685/CSA FT4	74
9.7 Autres considérations	74
9.7.1 Sélection d'échantillon	74
9.7.2 Montage des câbles	75
9.7.3 Environnement conditionné	75
9.7.4 Scénario en vraie grandeur	75
9.8 Conclusions de méthodes d'essai	75
10 Exigences de tenue au feu	76
10.1 Paramètres	76
10.2 Chaleur	76
10.3 Fumée des effluents	77
10.4 Propagation	78
10.5 Allumabilité	78
10.6 Effets préjudiciables des effluents du feu	78
10.7 Gouttelettes enflammées	78
10.8 Toxicité	78
Annexe A (informative) Procédure de montage des câbles – Installations de câbles de communication classiques	79
Annexe B (informative) Dangers d'incendie/installations/applications/méthodes d'essai pour les câbles de communication dans les bâtiments	80
Annexe C (informative) Revue des méthodes d'essai	81

Annexe D (informative) Exigences de tenue au feu	87
Bibliographie.....	88
Tableau 1 – Abréviations	61
Tableau 2 – Catégories d'installation classiques de câbles	63
Tableau 3 – Classement classique des dangers d'incendie	68
Tableau 4 – Exigences de tenue au feu des câbles.....	69
Tableau 5 – Méthodes d'essai	72
Tableau 6 – Matériaux classiques de câble de communication.....	77
Tableau 7 – Exigences recommandées pour la chaleur.....	77
Tableau 8 – Exigences recommandées pour la fumée.....	78
Tableau B.1 – Dangers d'incendie/installations/applications/méthodes d'essai pour les câbles de communication dans les bâtiments.....	80
Tableau C.1 – Allumabilité	81
Tableau C.2 – Essais verticaux (1 de 3).....	82
Tableau C.3 – Essais horizontaux pour systèmes à air pulsé	85
Tableau C.4 – Mesure indirecte de la fumée	86
Tableau D.1 – Exigences de tenue au feu.....	87
Tableau D.2 – Essai de brûlage d'un câble seul.....	87

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TENUE AU FEU DES CÂBLES DE COMMUNICATION INSTALLÉS DANS LES BÂTIMENTS

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications, la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

La CEI/TR 62222, qui est un rapport technique, a été établie par le sous-comité 46C: Câbles symétriques et fils, du comité d'études 46 de la CEI: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs, composants passifs pour micro-onde et accessoires.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 2005. Elle constitue une révision technique.

L'édition 2005 de ce rapport technique a été la première tentative pour comprendre les risques potentiels que le feu pouvait faire courir aux nouvelles installations contenant de grandes quantités de câbles de données. Car même s'il importe de se souvenir que les

câbles de données ne s'enflamment probablement pas spontanément et que les lieux de travail sont remplis d'autres produits hautement inflammables, il n'en demeure pas moins qu'il convient que prendre en considération la «déferlante du câblage» dans la conception des bâtiments. Cette deuxième édition vise à prendre en compte les guides d'installation disponibles ainsi qu'à améliorer la sécurité face au feu et à sa possible propagation. Il a également été tenu compte des projets qui ont servi à orienter l'édition 2005, ce qui a fourni un socle solide à la présente révision et permis de l'améliorer substantiellement.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
46C/959/DTR	46C/962/RVC

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

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

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

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

TENUE AU FEU DES CÂBLES DE COMMUNICATION INSTALLÉS DANS LES BÂTIMENTS

1 Domaine d'application

Le présent Rapport technique fournit des recommandations pour les exigences et les méthodes d'essai à spécifier pour la tenue au feu des câbles de communication quand ils sont installés dans des bâtiments.

Les recommandations traitent des applications classiques et des pratiques d'installation dans les bâtiments pour des câbles en cuivre et des câbles à fibres optiques. Ce Rapport technique contient une évaluation des dangers d'incendie dans ce type d'installations, et décrit des scénarios d'incendie qui ont été établis et les tenues au feu des câbles appropriées pour limiter ces risques. L'ISO/CEI 14763-2 recommande des méthodes d'installation qui, ensemble avec ce Rapport technique, fournissent des lignes directrices améliorant la sécurité en présence du feu.

Les recommandations tiennent également compte de la législation et de la réglementation applicables à la tenue au feu des câbles, d'une évaluation des méthodes d'essai connues et de leur capacité à mesurer la tenue au feu recommandée.

Les câbles électriques sont habituellement séparés des câbles de communication pour la sécurité électrique et installés différemment, ils ne sont donc pas abordés par le présent Rapport technique.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60332-1 (toutes les parties) *Essais des câbles électriques et à fibres optiques soumis au feu – Partie 1: Essai de propagation verticale de la flamme sur conducteur ou câble isolé*

CEI 60332-1-2 *Essais des câbles électriques et à fibres optiques soumis au feu – Partie 1-2: Essai de propagation verticale de la flamme sur conducteur ou câble isolé – Procédure pour flamme à prémélange de 1 kW*

CEI 60332-1-3, *Essais des câbles électriques et à fibres optiques soumis au feu – Partie 1-3: Essai de propagation verticale de la flamme sur conducteur ou câble isolé – Procédure pour la détermination des particules/gouttelettes enflammées*

CEI 60332-2 (toutes les parties), *Essais des câbles électriques et à fibres optiques soumis au feu – Essai de propagation verticale de la flamme sur conducteur ou câble isolé de petite section*

CEI 60332-2-2, *Essais des câbles électriques et à fibres optiques soumis au feu – Partie 2-2: Essai de propagation verticale de la flamme sur conducteur ou câble isolé de petite section – Procédure pour une flamme de type à diffusion*

CEI 60332-3 (toutes les parties), *Essais des câbles électriques et à fibres optiques soumis au feu – Partie 3: Essai de propagation verticale de la flamme des fils ou câbles montés en nappes en position verticale*

CEI 60332-3-24, *Essais des câbles électriques et des câbles à fibres optiques soumis au feu – Partie 3-24: Essai de propagation verticale de la flamme des fils ou câbles montés en nappes en position verticale – Catégorie C*

CEI 60695 (toutes les parties), *Essais relatifs aux risques du feu*

CEI 60695-1-10:2009, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 1-10: Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Lignes directrices générales*

CEI 60695-1-11, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 1-11: Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Évaluation des risques du feu*

CEI 60695-5-1, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 5-1: Effets des dommages de corrosion des effluents du feu – Guide général*

CEI/TS 60695-5-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 5-2: Effets des dommages de corrosion des effluents du feu – Résumé et pertinence des méthodes d'essai*

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

CEI 60695-6-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 6-2: Opacité des fumées – Résumé et pertinence des méthodes d'essai*

CEI 60695-7-1, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 7-1: Toxicité des effluents du feu – Lignes directrices générales*

CEI 60695-7-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 7-2: Toxicité des effluents du feu – Résumé et pertinence des méthodes d'essai*

CEI 60695-7-3, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 7-3: Toxicité des effluents du feu – Utilisation et interprétation des résultats d'essai*

CEI 60695-8-1, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 8-1: Dégagement de chaleur – Guide général*

CEI/TR 60695-8-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 8-2: Dégagement de chaleur – Résumé et pertinence des méthodes d'essais*

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

CEI/TS 60695-9-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 9-2: Propagation des flammes en surface – Résumé et pertinence des méthodes d'essai*

CEI 60754 (toutes les parties), *Essai sur les gaz émis lors de la combustion des matériaux des câbles*

CEI 60754-1, *Essai sur les gaz émis lors de la combustion des matériaux des câbles – Partie 1: Détermination de la quantité de gaz acide halogéné*

CEI 60754-2, *Essai sur les gaz émis lors de la combustion des matériaux prélevés sur câbles – Partie 2: Détermination de la conductivité et de l'acidité (par mesure du pH)*

CEI 60794 (toutes les parties), *Câbles à fibres optiques*

CEI 61034 (toutes les parties), *Mesure de la densité de fumées dégagées par des câbles brûlant dans des conditions définies*

CEI 61034-1:2005, *Mesure de la densité de fumées dégagées par des câbles brûlant dans des conditions définies – Partie 1: Appareillage d'essai*

CEI 61034-2:2005, *Mesure de la densité de fumées dégagées par des câbles brûlant dans des conditions définies – Partie 2: Procédure d'essai et exigences*

CEI 61156 (toutes les parties), *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quarts pour transmissions numériques*

CEI 62012-1, *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quarts pour transmissions numériques utilisés en environnements sévères – Partie 1: Spécification générique*

ISO/CEI 11801, *Information technology – Generic cabling for customer premises* (disponible en anglais uniquement)

ISO 13571, *Composants dangereux du feu – Lignes directrices pour l'estimation du temps disponible pour l'évacuation, utilisant les caractéristiques du feu*

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

ISO/CEI 14763-2, *Information technology – Implementation and operation of customer premises cabling – Part 2: Planning and installation* (disponible en anglais uniquement)

ISO 9705, *Essais au feu – Essai dans une pièce en vraie grandeur pour les produits de surface*

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

EN 13501-1, *Classement au feu des produits et éléments de construction – Partie 1: classement à partir des données d'essais de réaction au feu*

EN 13823, *Essais de réaction au feu des produits de construction – Produits de construction à l'exclusion des revêtements de sol exposés à une sollicitation thermique provoquée par un objet isolé en feu*

EN 50174-2, *Technologie de l'information – Installation de câblages – Partie 2: Planification et pratiques d'installation à l'intérieur des bâtiments*

EN 50267-2-3, *Méthodes d'essai communes aux câbles soumis au feu – Essais sur les gaz émis lors de la combustion d'un matériau prélevé sur un câble – Partie 2-3: Procédures – Détermination de l'acidité des gaz des câbles par une mesure de la moyenne pondérée du pH et de la conductivité*

EN 50289-4-11, *Câbles de communication – Spécifications des méthodes d'essai – Partie 4-11: Méthodes d'essais d'environnement – Méthode intégrée d'essai horizontal au feu*

EN 50399, *Méthodes d'essai communes aux câbles soumis au feu – Mesure de la chaleur et de la fumée dégagées par les câbles au cours de l'essai de propagation de la flamme – Appareillage d'essai, procédure et résultats*

BS 7671, *Spécifications d'installations électriques* (disponible en anglais uniquement)

CSA FT4, Canadian Standards Association, CSA 22.2 No. 03-01, *Vertical flame test – Cables in cable trays* (disponible en anglais uniquement)

CSA FT6, Canadian Standards Association, CSA 22.2 No. 03-01, *Horizontal flame and smoke test* (disponible en anglais uniquement)

NFPA 262, *Standard method of test for flame travel and smoke of wires and cables for use in air handling spaces (formerly UL 910)* (disponible en anglais uniquement)

UL 1666, Underwriters Laboratories, Inc., *Test for flame propagation height of electrical and optical fibre cables installed vertically in shafts* (disponible en anglais uniquement)

UL 1685, Underwriters Laboratories, Inc., *Standard for vertical tray fire propagation and smoke release test for electrical and optical fibre cables* (disponible en anglais uniquement)

UL VW-1, Underwriters Laboratories, Inc., *VW-1 (vertical specimen) flame test – UL 1581, Reference standard for electrical wires, cables and flexible cords* (disponible en anglais uniquement)

3 Termes, définitions et abréviations

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO/CEI 13943, dont certains sont reproduits ci-dessous pour la commodité de l'utilisateur, s'appliquent, ainsi que les suivants, dont certains sont basés sur l'EN 13501-1.

3.1 Termes définis

3.1.1

asphyxiant

toxique induisant une hypoxie, pouvant entraîner une dépression du système nerveux central ou des effets cardio-vasculaires

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.17]

3.1.2

câblage

système de câbles de télécommunication, de cordons et de matériels de connexion pouvant assurer la connexion de l'équipement de technologie de l'information

3.1.3

effet de cheminée

mouvement ascensionnel des effluents du feu chauds provoqué par des courants de convection à l'intérieur d'une enceinte essentiellement verticale

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.41]

3.1.4

combustible

susceptible d'être allumé et de brûler

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.43]

3.1.5

combustion

réaction exothermique d'une substance avec un comburant

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.46]

3.1.6

compartiment feu

espace clos, qui peut être compartimenté, séparé des espaces adjacents par des parois de séparation coupe-feu

Note 1 à l'article: Les compartiments feu sont également appelés "compartiments d'incendie"

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.102]

3.1.7

compartimentation

division d'un local en compartiments afin d'assurer la protection pour le reste des locaux

3.1.8

convection

transfert de chaleur par un fluide en mouvement

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.54]

3.1.9

contribution au feu

énergie libérée par un produit entraînant la croissance du feu

3.1.10

dommage de corrosion

dommage physique et/ou chimique ou bien détérioration de fonctions, produit par action chimique

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.56]

3.1.11

longueur endommagée

étendue maximale dans une direction spécifiée de la zone endommagée

3.1.12

environnement en air calme

environnement dans lequel les résultats des expériences ne sont pas affectés de manière significative par la vitesse locale de l'air

Note 1 à l'article: Un exemple qualitatif en est l'environnement dans lequel une flamme de bougie de cire (3.1.36) demeure fondamentalement stable. Les exemples quantitatifs sont illustrés par des essais au feu à petite échelle dans lesquels une vitesse maximale de l'air de $0,1 \text{ m.s}^{-1}$ ou $0,2 \text{ m.s}^{-1}$ est parfois spécifiée.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.70]

3.1.13

enceinte

<environnement construit> volume défini par des surfaces de délimitation, qui peut comporter une ou plusieurs ouvertures

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.77]

3.1.14**application d'utilisation finale**

application réelle d'un produit en relation avec tous les aspects influençant le comportement de ce produit sous différentes situations d'incendie

3.1.15**incendie**

<général> processus de combustion caractérisé par l'émission de chaleur et d'effluents du feu et généralement accompagné de fumée, flammes, incandescence ou une combinaison de ces dernières

3.1.16**attaque de feu**

attaque thermique par le brûleur d'essai

3.1.17**comportement au feu**

changement ou maintien des propriétés physiques et/ou chimiques d'un objet et/ou d'une structure exposé(s) au feu

Note 1 à l'article: Ce concept englobe à la fois la réaction au feu et la résistance au feu.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.100]

3.1.18**compartiment feu**

espace clos, qui peut être compartimenté, séparé des espaces adjacents par des parois de séparation coupe-feu

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.102]

3.1.19**danger du feu**

concept qui englobe aussi bien le danger d'incendie que le risque d'incendie

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.103]

3.1.20**effluents du feu**

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.105]

3.1.21**transport des effluents du feu**

mouvement des effluents du feu à partir de l'emplacement du feu

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.107]

3.1.22**exposition au feu**

niveau de sévérité des conditions créées par le feu auxquelles des personnes, des animaux ou des objets sont exposés

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.108]

3.1.23

extinction d'un feu

processus qui élimine la combustion

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.109]

3.1.24

croissance du feu

étape de développement du feu au cours de laquelle le débit calorifique et la température du feu augmentent

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.111]

3.1.25

indice de croissance du feu

indice EF

rapport maximal du taux de débit calorifique d'un échantillon sur le temps de cette opération

3.1.26

danger d'incendie

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.112]

3.1.27

charge calorifique

quantité de chaleur susceptible d'être produite par la combustion complète de tous les matériaux combustibles contenus dans un volume, y compris les revêtements de toutes les surfaces périphériques

Note 1 à l'article: La charge calorifique peut être établie à partir de la chaleur effective de combustion, du pouvoir calorifique supérieur ou du pouvoir calorifique inférieur à la demande du prescripteur.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.114]

3.1.28

tenue au feu

comportement d'une éprouvette d'essai lorsqu'elle est exposée à un essai au feu

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.117]

3.1.29

propagation du feu

propagation de flammes associée à une propagation des effluents du feu

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.120]

3.1.30

résistance au feu

aptitude d'une éprouvette d'essai à supporter le feu ou à assurer une protection contre le feu pendant une certaine durée

Note 1 à l'article: Les critères types utilisés pour déterminer la résistance au feu au cours d'un essai au feu normalisé sont l'étanchéité au feu, la stabilité au feu, et le matériau d'isolation thermique.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.121]

3.1.31**retardateur de feu**

caractère ignifugeant, ignifugeant et retardateur de flamme

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.122]

3.1.32**ignifugeant**, substantif

substance ajoutée ou traitement appliqué à un matériau pour retarder l'allumage ou réduire la vitesse de combustion

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.123]

3.1.33**risque d'incendie**

combinaison entre la probabilité qu'un incendie se produise et les conséquences particulières quantifiées qui en découlent

Note 1 à l'article: Il est souvent calculé comme le produit de la probabilité et des conséquences.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.124]

3.1.34**gestion de la sécurité incendie**

maintenance au cours de la durée de vie et application des procédures pour atteindre les objectifs de sécurité incendie

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.127]

3.1.35**objectif de la sécurité incendie**

résultat souhaité concernant la probabilité d'un incendie involontaire, quant aux aspects essentiels de l'environnement bâti

Note 1 à l'article: Les aspects essentiels se rapportent généralement à la sécurité des personnes, la conservation des biens, la continuité des activités d'entreprises, la protection de l'environnement et la préservation du patrimoine.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.128]

3.1.36**scénario d'incendie**

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.129]

3.1.37**gravité d'un incendie**

capacité d'un incendie à provoquer des dommages

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.130]

3.1.38**situation d'incendie**

état de développement d'un feu, caractérisé par la nature, la sévérité et l'ampleur de l'attaque thermique sur les produits impliqués

3.1.39

essai au feu

essai qui mesure le comportement d'un feu ou expose un objet aux effets d'un feu

Note 1 à l'article: Les résultats d'un essai au feu peuvent être utilisés pour quantifier la gravité d'un incendie ou déterminer la résistance au feu ou la réaction au feu de l'éprouvette d'essai.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.132]

3.1.40

flamme

propagation subsonique, auto-entretenu et rapide de la combustion dans un milieu gazeux généralement accompagnée d'une émission de lumière

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.133]

3.1.41

flamber

produire une flamme

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.134]

3.1.42

durée d'application de flamme

durée pendant laquelle la flamme d'un brûleur est appliquée à une éprouvette d'essai

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.135]

3.1.43

caractère ignifugeant

propriété d'un matériau de ralentir, d'arrêter ou d'empêcher la combustion avec flammes

Note 1 à l'article: Le caractère ignifugeant peut être une propriété inhérente au matériau de base ou lui être donné par un traitement particulier.

Note 2 à l'article: Le degré du caractère ignifugeant présenté par un matériau lors d'un essai peut varier selon les conditions d'essai.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.138]

3.1.44

ignifuge

traité avec un retardateur de flamme

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.141]

3.1.45

propagation de flammes

progression d'un front de flammes

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.142]

3.1.46

vitesse de propagation de flammes

DECONSEILLÉ: vitesse de combustion

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.143]

3.1.47**durée de propagation de flammes**

temps mis par un front de flammes à se propager sur une distance spécifiée à la surface d'un matériau en combustion ou à couvrir une surface spécifiée, dans des conditions spécifiées

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.144]

3.1.48**flambant**, substantif

flamme qui persiste après sa première apparition

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.147]

3.1.49**combustion avec flammes**

combustion en phase gazeuse généralement accompagnée d'émission de lumière

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.148]

3.1.50**débris enflammés**

matériau se séparant d'un objet en combustion, pendant un feu ou bien au cours d'un essai au feu, et continuant à flamber

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.149]

3.1.51**gouttelettes enflammées**

matière en fusion se séparant d'un objet en combustion, pendant un feu ou bien au cours d'un essai au feu, et continuant à flamber

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.150]

3.1.52**inflammabilité**

aptitude d'un matériau ou d'un produit à brûler avec flamme dans des conditions spécifiées

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.151]

3.1.53**inflammable**

capable d'entretenir une combustion avec flammes dans des conditions spécifiées

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.153]

3.1.54**câble sans halogène retardateur de flamme**

matériau tel que des composés de EVA/Al(OH)₃ pour utilisation sur des prises de câble

3.1.55**embrasement généralisé**

flashover

<stade d'incendie> passage à un état impliquant dans un incendie l'ensemble des surfaces des matériaux combustibles dans une enceinte

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.156]

3.1.56

combustible, substantif

substance susceptible de donner lieu à une réaction exothermique avec un comburant

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.161]

3.1.57

pouvoir calorifique supérieur

chaleur de combustion d'une substance lorsque la combustion est complète et que toute l'eau produite est entièrement condensée dans des conditions spécifiées

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.170]

3.1.58

flux thermique

quantité d'énergie thermique transmise par unité de temps

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.172]

3.1.59

chaleur de combustion

DÉCONSEILLÉ: potentiel calorifique

DÉCONSEILLÉ: pouvoir calorifique

énergie thermique dégagée par la combustion d'une unité de masse d'une substance donnée

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en kilojoules par gramme ($\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$).

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.174]

3.1.60

dégagement de chaleur

énergie thermique dégagée par la combustion

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.176]

3.1.61

débit calorifique

DÉCONSEILLÉ: vitesse de combustion

DÉCONSEILLÉ: vitesse de la combustion

énergie calorifique produite par unité de temps par la combustion

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.177]

3.1.62

allumabilité

facilité d'allumage

mesure de la facilité avec laquelle une éprouvette d'essai peut être allumée, dans des conditions spécifiées

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.182]

3.1.63

allumable

susceptible d'être allumé

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.183]

3.1.64**allumé**

état d'un objet en combustion

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.186]

3.1.65**irritant**, substantif

<pulmonaire> gaz ou aérosol qui stimule les récepteurs de l'appareil respiratoire inférieur, ce qui peut provoquer une gêne respiratoire

Note 1 à l'article: Les exemples de gêne respiratoire sont la dyspnée, et l'accroissement du rythme respiratoire. Dans les cas graves, une pneumonie ou un œdème pulmonaire peuvent survenir quelques heures après l'exposition et être fatals.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.204]

3.1.66**opacité de la fumée**

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

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

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.243]

3.1.67**densité optique de la fumée**

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

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.244]

3.1.68**comburant**

substance susceptible de provoquer une réaction d'oxydation

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.246]

3.1.69**réaction au feu**

réponse d'une éprouvette d'essai lorsqu'elle est exposée au feu dans des conditions spécifiées d'essai au feu

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.272]

3.1.70**scénario de référence**

situation et environnement dangereux utilisés comme référence pour une méthode d'essai donnée

3.1.71**petite attaque de feu**

attaque thermique produite par une petite flamme comme une allumette ou un briquet

3.1.72

indice de vitesse de développement des fumées

indice SMOGRA

valeur maximale de SMOGRA atteinte pendant la durée de l'essai, SMOGRA étant égale à $10\,000 \times$ le quotient

3.1.73

danger de fumée

potentiel de lésion et/ou de dommage dû à la fumée

3.1.74

fumée

partie visible des effluents du feu

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.293]

3.1.75

production de fumée

quantité de fumée produite au cours d'un feu ou au cours d'un essai au feu

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en mètres carrés (m^2).

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.294]

3.1.76

taux de dégagement de fumée

quantité de fumée produite par unité de temps au cours d'un feu ou au cours d'un essai au feu

Note 1 à l'article: Il est calculé comme étant le produit du débit volumétrique de fumées par le coefficient d'extinction de la fumée au point de mesure.

Note 2 à l'article: Il est exprimé en mètres carrés par seconde (m^2s^{-1}).

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.295]

3.1.77

suie

particules produites et déposées pendant ou après la combustion

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.298]

3.1.78

toxique, adjectif
nocif

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.335]

3.1.79

toxique, substantif
toxine
substance toxique

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.340]

3.2 Abréviations

Les abréviations sont données dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Abréviations

Abréviation	Définition
CENELEC	Comité européen de normalisation électrotechnique
CPR (R)	construction products regulation (European regulation) (directive produits de construction) – (réglementation européenne) [5] ¹
CSA	Canadian standards association (Association canadienne de normalisation)
EN	norme européenne
FEP	fluorinated ethylene-propylene (éthylène/propylène perfluoré)
FIPEC	fire performance of electric cables (performance au feu des câbles électriques) [6]
HR	heat release (dégagement de chaleur)
HRR	heat release rate (débit calorifique)
ISO	International standards organisation (Organisation internationale de normalisation)
LSPVC	low smoke flame retardant polyvinylchloride (polychlorure de vinyle ralentissant la flamme avec faible émission de fumée)
NEMA	National electrical manufacturers association (Association nationale des fabricants électriques) [4]
NES	naval engineering standard (norme de construction navale)
NFPA	National fire protection association (Association nationale de protection au feu)
OD	optical density (densité optique)
PCS	gross calorific potential (pouvoir calorifique supérieur) (pouvoir calorifique est un terme déconseillé maintenant désigné par le terme "chaleur de combustion")
PE	polyethylene (polyéthylène)
PP	polypropylene (polypropylène)
PTFE	polytetrafluoroethylene (polytétrafluoroéthylène)
PTFE HFP	polytetrafluoroethylene-hexafluoropropylene copolymer (copolymère de polytétrafluoroéthylène-hexafluoropropylène)
PVC	polyvinyl chloride (polychlorure de vinyle)
PVDF	polyvinylidene fluoride (polyfluorure de vinylidène)
SP	smoke production (émission de fumée)
SPR	smoke production rate (débit de fumée)
THR	total heat release (dégagement thermique total)
TSP	total smoke production (émission totale de fumée)
UL	Underwriters laboratories Inc.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

4 Installations classiques des câbles de communication

Afin de déterminer les méthodes d'essai au feu et les exigences de tenue au feu appropriées, les dangers d'incendie présentés par des installations classiques de câbles doivent être pris en considération.

Depuis les dix dernières années, la demande mondiale pour obtenir toujours plus d'informations a eu comme résultat une augmentation des débits de transmission de données, et le développement des réseaux locaux (LANs). En particulier, les systèmes de câblage structurés, tels que définis dans l'ISO/CEI 11801, appelés câblage des technologies de l'information, sont de plus en plus populaires. Le système générique de câblage filaire structuré est un réseau en étoile hiérarchisé reliant les répartiteurs de campus aux différents répartiteurs de bâtiment, qui relie à leur tour les répartiteurs d'étage individuels, qui se connectent alors aux prises de télécommunication. A chaque étage, le câble ascendant, passé en colonnes verticales, est connecté au répartiteur d'étage, qui transmet les données par les câbles horizontaux vers chaque prise d'étage. Dans une installation classique, les prises d'étage sont organisées de façon matricielle et placées à environ 1 m ou 2 m, avec les câbles horizontaux arrivant dans les espaces plafond ou au sein d'installations plus vastes dans les sous-planchers. Même dans un petit bureau, cela conduit à un grand nombre de câbles passés dans des vides de construction.

L'évolution du câblage (connu également sous le nom de câblage structuré) a coïncidé avec une augmentation rapide des débits des systèmes, de 10 ko/s au début des années 1980 à 600 Mo/s à la fin des années 1990 et à une connexion Ethernet™ de 10 Gbit. Au fur et à mesure que les débits s'accroissent, des mises à niveau des systèmes pour obtenir des câbles et composants plus performants sont généralement nécessaires. Cela a conduit à l'installation de nombreuses longueurs de câble de données, principalement dans les vides cachés.

Les câbles conducteurs en cuivre fabriqués suivant la série de publications CEI 61156 et les câbles optiques fabriqués suivant la série de publications CEI 60794 sont utilisés dans le câblage structuré. Ces normes décrivent les exigences pour les transmissions électriques et optiques et les caractéristiques d'environnement et de tenue mécanique. Les câbles de communication, fonctionnant à des courants et tensions faibles, ne font pas partie des causes premières d'incendie, mais leur utilisation généralisée signifie qu'ils peuvent être impliqués dans des départs d'incendie provenant d'une source extérieure. La CEI 60695-1-10 donne des consignes générales sur les risques d'incendie des produits électrotechniques.

Des installations classiques de communication dans les bâtiments sont comme indiqué dans l'Annexe A et peuvent être regroupées selon les descriptions suivantes.

- a) Dans les bâtiments publics comme les aéroports, les magasins et les vieux bureaux commerciaux avec des planchers en dur, les câbles sont généralement installés dans des plafonds vides avec des câblages locaux en gaines murales. Les réglementations exigent généralement une séparation des câbles d'alimentation pour raisons de sécurité électrique.
- b) Dans les bureaux en général et dans les bureaux commerciaux plus récents, les câbles sont généralement installés dans des espaces plafond et sous-plancher, et des gaines murales. Les câbles d'alimentation d'éclairage et certains câbles de communication passent dans des plafonds vides, tandis que les câbles d'ordinateur et de téléphone, ainsi que les câbles d'alimentation basse tension leur étant associés passent fréquemment dans des espaces sous-plancher. Les réglementations exigent généralement la séparation des câbles d'alimentation (dans des conduits ou des goulottes) pour raisons de sécurité électrique. Dans ce type d'installations, un sol relativement peu surélevé fournit les vides de sous-plancher.
- c) Dans les grands bureaux commerciaux plus récents possédant de vastes installations informatiques, le vide est profond (souvent 1 m à 1,5 m) et peut être envahi par des câbles de communication. Dans de rares cas, ce vide peut aussi être utilisé pour fournir de l'air ambiant aux équipements informatiques.

- d) Les vides sous-plancher et de plafond peuvent avoir une dynamique de débit d'air particulière, notamment lorsqu'une compartimentation adéquate n'a pas été pensée, qui pourrait ressortir dans la méthode d'essai. En général, au fur et à mesure que le débit d'air ou une autre source d'énergie suffisante dans un dispositif donné augmente, le risque de propagation du feu augmente.
- e) Une quantité considérable de câbles peut être installée dans des colonnes verticales dans lesquelles un effet de cheminée pourrait se produire en cas d'incendie. Par commodité, ces câbles peuvent être les mêmes que ceux utilisés pour les passages horizontaux.
- f) Les cordons de raccordement et les câbles de zone de travail, bien que non installés en permanence dans les bâtiments, sont souvent entassés en grand nombre et sont inclus dans le domaine d'application du présent Rapport technique.
- g) Dans beaucoup d'installations, un certain nombre de câbles peuvent aussi passer derrière ou à l'intérieur des murs.
- h) De grands bâtiments, conçus et construits au niveau mondial par de grandes entreprises multinationales, possèdent des architectures et des distributions de services dans leur structure similaires, avec faux planchers et plafonds suspendus créant des vides de construction fournissant des routes au travers desquelles le feu et les fumées peuvent se propager. Plus de 80 % des câbles installés dans les nouveaux bureaux sont des câbles de communication et cela pourrait augmenter le combustible en cas d'incendie, aspect abordé par les normes d'installation CEI applicables (en Europe, voir l'EN 50174-2) et les réglementations locales.
- i) Afin de définir les dangers d'incendie et les tenues au feu à spécifier, les installations classiques, décrites ci-dessus et montrées à l'Annexe A, peuvent être classées comme dans le Tableau 2:

Tableau 2 – Catégories d'installation classiques de câbles

1	Installations horizontales dans des vides de construction
2	Installations verticales dans des colonnes pour rocade
3	Installations générales
4	Zones de travail exposées
5	Installations dans lesquelles la protection des équipements est critique

5 Législation et réglementations

Il existe de nombreuses réglementations aussi bien locales que régionales. Par exemple:

- a) En Allemagne, la quantité de câbles autorisée dans un bâtiment public est basée sur les valeurs de PCS de 50 MJ/m² pour les câbles sans halogène et de 25 MJ/m² pour les câbles en PVC. Des directives relatives au calcul du PCS sont données par les assureurs allemands [2].
- b) Les codes de construction aux Etats-Unis ont des exigences de tenue au feu rigoureuses. Les câbles installés dans les bâtiments sont régis par le Code National Electrique [3]. Les exigences pour la tenue au feu sont spécifiées aussi bien dans des réglementations (par exemple NFPA) que dans des normes spécifiques au produit. La propagation de la flamme et de la fumée sont les critères principaux pour les câbles placés dans des vides de construction avec déplacement d'air. Cela est réalisé soit par l'utilisation de matériaux hautement retardateurs de flamme, soit par l'installation de câbles retardateurs de flamme moins performants dans un conduit non combustible. Les codes de construction ne sont pas obligatoires, d'autres codes ayant des exigences différentes peuvent être utilisés.
- c) Au Royaume-Uni, il existe très peu de réglementations pour la tenue au feu des câbles, bien que la réglementation locale (administration locale, ingénieurs en chef) conseille le plus souvent des matériaux sans halogène à faible fumée pour les zones publiques vastes telles que les aéroports, les gares et les hôpitaux. Dans les réglementations des bâtiments, les points importants concernant la sécurité incendie sont les moyens

d'évacuation, la propagation du feu et les installations d'accès pour les pompiers. Les réglementations de câblage (BS 7671) de l'IEE stipulent qu'"il convient qu'un câble installé à l'intérieur des bâtiments satisfasse au minimum à la CEI 60332-1-2". La BS 7671 stipule également que "lors de la prise en compte de zones plus sensibles, où le risque de propagation du feu est plus fort/avec de grandes longueurs de nattes de câblage, il convient de donner la préférence aux câbles qui satisfont à la BS EN 60332 = CEI 60332-3-XX (série complète) selon le type de câble associé au numéro de série approprié".

- d) En Afrique du Sud, il n'existe que très peu ou même aucune réglementation concernant la tenue au feu des câbles dans les habitations et les immeubles de grande hauteur. Le code de câblage sert aussi bien pour la séparation des câbles de communication et électriques que pour la certification des installations au moyen d'examens physiques et d'essais électriques, effectués par des personnes accréditées. Dans les réglementations des bâtiments, les points importants concernant la sécurité incendie sont les moyens d'évacuation, la prévention de la propagation du feu en utilisant des parois de séparation coupe-feu, des équipements de lutte anti-incendie et l'accessibilité des locaux aux pompiers. Dans l'industrie minière, bien qu'il n'existe pas de réglementation, les câbles souterrains électriques et de communication possèdent généralement une tenue au feu supérieure.
- e) L'Espagne possède une réglementation pour les bâtiments publics, qui privilégie maintenant des considérations de faible production de fumée ainsi qu'une plus haute capacité ignifugeante.
- f) En Europe, les développements concernant les câbles et la Directive Produits de construction peuvent avoir un impact significatif sur les exigences de tenue au feu des câbles. La CPD a maintenant gagné en importance en devenant la CPR (R) (Construction Product Regulation- Réglementation Produits de construction) [5].

La Directive Produits de construction a été publiée par la Commission européenne en 1989, et possède six exigences essentielles pour les produits pour les bâtiments, à savoir stabilité mécanique, sécurité en cas d'incendie, santé et environnement, sécurité d'utilisation, protection contre le bruit et économie d'énergie. Pour la sécurité en cas de feu, un système européen harmonisé a été développé pour la classification de la tenue au feu des produits pour les bâtiments et pour les méthodes d'essai correspondantes. L'essai de l'EN 50399 proposé pour le classement au feu des câbles dans la CPR a été développé en partie par la recherche lors du projet du FIPEC, dans lequel il a été validé par rapport à des scénarios de référence en vraie grandeur spécifiques pour les câbles.

Il convient de noter que la CPR n'a pas pour objectif d'harmoniser la réglementation, ni d'imposer une réglementation dans le cas où aucune n'existe, mais elle tente plutôt d'harmoniser la classification en fonction de la réaction au feu des produits et des méthodes d'essai utilisées.

L'auto-certification de la tenue au feu des câbles existe généralement encore, mais la tendance est plutôt en faveur d'une certification tierce partie. La certification tierce partie est pratiquée en Amérique du Nord, et par le secteur de l'assurance, et, dans certains cas, elle est exigée en Europe au travers de la CPR.

6 Approche de la limitation du feu

6.1 Généralités

Il convient d'utiliser à chaque fois que possible une approche équilibrée de la limitation du feu. L'évaluation en isolation, c'est-à-dire en utilisant des conceptions pièce par pièce, des méthodes d'essai, des dangers d'incendie ou la limitation du feu, doit être évitée.

6.2 Compartimentation (compartiments feu)

Il convient de créer des compartiments feu dans les locaux, qui sont séparés par des parois verticales et horizontales avec des niveaux appropriés de tenue au feu afin:

- d'éviter la propagation et les effluents du feu,
- de réduire le débit d'air,
- de réduire l'ampleur des pertes.

Il convient que la sélection des limites de compartiment feu prenne en compte l'impact du feu dans chaque compartiment feu. Voir l'ISO/CEI 14763-2 pour des conseils sur l'installation des câbles, des parois de séparation coupe-feu et dispositifs d'arrêt du feu.

Il convient que la tenue au feu des éléments dans chaque compartiment, en association avec les systèmes de détection et d'extinction du feu du compartiment:

- a) satisfasse aux réglementations locales et nationales,
- b) reflète le risque encouru pour les biens, le personnel et la continuité de l'activité,
- c) soit sélectionnée pour répondre aux besoins des propriétaires des locaux, bailleurs, locataires et assureurs.

6.3 Gestion du danger d'incendie

Avant de prendre en compte le danger d'incendie, il convient d'envisager la compartimentation. Dans les cas où l'emplacement et le contenu des compartiments feu spécifiques permettent d'éviter de prendre en compte les dangers d'incendie décrits dans le Tableau 2, maintenir les limites de ces compartiments feu est essentiel pour la tenue au feu dans l'ensemble des locaux. Cela est d'une extrême importance. Il convient de suivre les consignes d'installation à chaque fois que cela est possible.

Il convient d'évaluer le danger d'incendie de chaque compartiment feu conformément au Tableau 2, qui donne une indication du degré de limitation du feu nécessaire dans diverses installations.

En plus des types d'installation normaux, il convient de prendre en compte d'autres facteurs dans le cadre de l'évaluation des risques et de l'analyse de continuité de l'activité. Il convient que l'évaluation prenne en compte:

- a) les considérations architecturales,
- b) le gros œuvre et le contenu du bâtiment de compartiment feu,
- c) les exigences des propriétaires, bailleurs, locataires et assureurs, notamment
 - i) la protection du bâtiment et de son personnel,
 - ii) la continuité de l'activité,
 - iii) l'esthétique et la finition,
 - iv) les performances électriques et optiques du système de câblage,
- d) la nature du danger d'incendie
 - i) portée des flammes dans la zone dans laquelle le câble est installé, exemples:
 - 1) zone de collecte de déchets papiers/plastiques, poubelles ou boîtes ?
 - 2) mobilier, densité du bureau, bureau paysager ?
 - 3) incendie volontaire, accès au rez-de-chaussée ou à des rues adjacentes ?
- e) les effets de cheminée,
- f) les environnements d'air pulsé, associés à une forte attaque du feu, dans lesquels le niveau de détection n'est pas majoré au niveau requis, les câbles spécialisés sont à prendre en compte, voir 9.2.

Dans les cas où le niveau de détection n'est pas majoré au niveau requis, il convient d'envisager l'utilisation de câbles avec une tenue au feu améliorée.

6.4 Câbles traversant plusieurs compartiments feu

Lorsque les impératifs d'économie d'échelle, de temps d'installation et, plus généralement, des considérations pratiques doivent être pris en compte, une solution très économique pourrait être choisie, consistant à utiliser un câble de tenue au feu plus faible en l'associant à l'évacuation impérative du personnel (voir le Tableau 1), cas dans lequel on doit

- a) appliquer de plus hauts niveaux de protection incendie dans certains compartiments feu desservis par ce câble, par exemple l'utilisation de pulvérisateurs d'eau ou d'une canalisation non combustible; ou
- b) créer des sous-compartiments supplémentaires afin d'augmenter le niveau de protection incendie; et/ou
- c) élever le niveau de tenue au feu des câbles.

7 Projet récent pour la réglementation – Projet [6] FIPEC

Ce fut un projet financé par la Commission européenne et l'industrie mis en place afin de développer des méthodes pour mesurer la tenue au feu des câbles. La base de données générée par le projet a couvert près de cinquante câbles de différentes tailles de conducteur en cuivre et de différents matériaux.

Les méthodes d'essai les plus fréquemment utilisées en Europe pour évaluer la tenue au feu des câbles furent celles des séries CEI 60332-3 et CEI 60332-1. Un objectif de cette étude fut de fournir un moyen par lequel les considérations techniques au feu pourraient être introduites pour le secteur des câbles du marché européen.

En appliquant les informations développées par le programme FIPEC, il est apparu possible de modifier l'essai existant de la série CEI 60332-3 pour inclure la mesure du dégagement de chaleur et la mesure de la fumée. Des modifications du montage des échantillons, le choix d'un panneau avec une source d'allumage plus puissante et un débit d'air augmenté fournissent une meilleure discrimination entre les comportements des câbles.

Une partie de l'étude du projet FIPEC consistait à déterminer la sensibilité des différents paramètres d'essai utilisés dans l'essai de la série CEI 60332-3. Elle a démontré que la variable la plus significative était le montage de câbles. Il a été conclu que la prise en compte du contenu en matériaux non métalliques (base sur laquelle la quantité d'échantillons de câble à monter est choisie) ne fournit pas nécessairement une hiérarchie de risque. Au moment de discuter de l'"influence des couches", le rapport établit que "les catégories dérivées de la charge en câble ne correspondent pas avec une hiérarchie de risque; par exemple, une charge de 7 l/m peut ne pas nécessairement être un essai plus sévère qu'une charge de 1,5 l/m. Il convient que ces catégories soient séparées sans ambiguïté des interférences de l'évaluation du risque".

Les deux scénarios (méthodes d'essai) dérivés de l'étude du projet FIPEC ne prennent pas en compte le contenu en matériaux non métalliques lors de la détermination de la quantité et de la configuration d'échantillon de câble à monter pour l'essai au feu. Au lieu de cela, le diamètre du câble est déterminant en priorité, avec, dans tous les cas, un écartement donné entre les échantillons de câbles adjacents. Les câbles ayant un diamètre supérieur à 5 mm étaient montés en une seule rangée avec espacement, et les plus petits câbles étaient montés en faisceaux espacés non torsadés.

Dans le scénario 1 de la méthode d'essai, considéré comme légèrement plus sévère par rapport à la série CEI 60332-3, l'attaque de flamme est à 20 kW (flamme pré-mélangée) et le débit d'air a été augmenté. Dans le scénario 2 de la méthode d'essai, considéré comme plus sévère par rapport à la série CEI 60332-3, l'attaque de flamme est à 30 kW (flamme pré-mélangée), le débit d'air a été augmenté et un plateau non combustible a été ajouté.

Les conclusions importantes sont les suivantes.

- a) Les méthodes et procédures actuelles, par lesquelles la tenue au feu des câbles est déterminée, fournissent une exigence normative qui ne permet pas une classification hiérarchisée du danger d'incendie, ni l'obtention de données par lesquelles le danger d'incendie peut être évalué.
- b) La série CEI 60332-3 n'est pas assez sensible pour faire une différence entre les câbles possédant des propriétés raisonnables au feu, et ceux possédant de très bonnes propriétés, propriétés nécessaires pour des installations de câbles de télécommunication soit très denses, soit à risques élevés.
- c) Le paramètre qui a le plus d'effet sur les résultats des essais est la méthode de montage des câbles à soumettre à essai.

NOTE Bien que le projet FIPEC ne comprenne qu'un seul câble de données, la recherche privée [6] sur 13 câbles pour câblage structuré a montré que, bien que moins sensible que la NFPA 262 ou que l'EN 50289-4-11, avec des configurations de montage de câbles et des limites de tenue au feu appropriées, le scénario 2 peut différencier les produits les plus performants.

A noter que ce projet a conduit à la rédaction de l'EN 50399, une méthode d'essai entièrement intégrée, qui peut, à l'aide d'exigences de débit d'air spécifiées et d'une arrivée d'air dont l'emplacement exact est défini, fournir un étalonnage précis et reproductible avant le début de l'essai. Ces actions ont amélioré la valeur des résultats d'essai.

8 Protection contre l'incendie

8.1 Approche traditionnelle

Depuis plus de 30 ans, l'approche traditionnelle de la tenue au feu des câbles est basée sur des méthodes d'essai et des exigences développées en réponse à des incendies importants particuliers comme des feux de câbles électriques situés dans des colonnes verticales dans des centrales électriques, des incendies dans des tunnels de chemins de fer souterrains et des incendies dans des centraux téléphoniques.

Les principaux risques de l'implication des câbles dans les incendies sont considérés comme étant le dégagement de chaleur, la fumée, la propagation du feu, les gaz acides et la toxicité, mais leur importance est classée différemment, en fonction du type d'installation, comme indiqué dans le Tableau 3 ci-dessous. Par exemple, dans les installations générales, la propagation du feu est vue comme la plus grande préoccupation, mais lorsque l'évacuation des personnes est vitale, la fumée est classée plus importante que la propagation. Dans les installations, où il n'y a pas ou peu de personnes, mais avec des équipements coûteux et essentiels pour l'activité, l'émission des gaz acides est considérée comme le risque le plus important.

Tableau 3 – Classement classique des dangers d'incendie

Rang	Installations dans lesquelles l'évacuation du personnel est critique	Installations générales	Installations dans lesquelles la protection de l'équipement est critique
0 (le plus important)	Allumabilité	Allumabilité	Allumabilité
1	Fumée	Dégagement de chaleur/propagation de flamme	Effluent corrosif
2	Dégagement de chaleur/propagation de flamme	Fumée	Dégagement de chaleur/propagation de flamme
3	Effluent toxique	Effluent corrosif	Fumée
4 (le moins important)	Effluent corrosif	Effluent toxique	Effluent toxique

Pour évaluer la tenue au feu des câbles par rapport aux dangers du Tableau 3, plusieurs méthodes d'essai séparées ont été développées; ces spécifications incluent habituellement une exigence. Par exemple, la méthode d'essai EN 50399 (à partir de la conception et de l'échelle de la plate-forme d'essai de la CEI 60332-1 (toutes les parties), la CEI 60332-2 (toutes les parties) et la CEI 60332-3 (toutes les parties)) est développée pour inclure les essais de: dégagement de chaleur (total et débit) et fumée (total et débit), du logiciel générant un rapport précisant l'heure où le premier pic de chaleur et de fumée sont atteints. De plus, la propagation de flamme est également enregistrée. Une arrivée d'air et une méthode de montage de câbles améliorées ont augmenté la reproductibilité. L'essai comporte une configuration comprenant un essai plus sévère, dans lequel une flamme accrue (30 kW) et un panneau monté sur l'échelle permettent de différencier les câbles de très grande tenue au feu. Un autre exemple, la CEI 60332-3-24, catégorie C, fournit un essai de flamme à 20 kW permettant d'évaluer la propagation du feu sur nappes verticales de câbles, en mesurant la longueur des dégâts de carbonisation après achèvement de l'essai. Pour réussir l'essai, il faut une longueur carbonisée inférieure à 2,5 m. La série de publications CEI 61034 évalue la fumée générée par un échantillon de câble exposé à une source d'incendie alcoolique dans une enceinte de 3 m³, où un facteur minimal de transmittance de la lumière de 60 % est exigé. La CEI 60754-1 décrit un essai sur les gaz émis lors de la combustion des matériaux des câbles: détermination de la quantité de gaz acide halogéné à partir de la combustion de petits échantillons de matériaux (approximativement 1 g)

La CEI 60754-2 soumet à essai les gaz formés lors de la combustion des matériaux des câbles: détermination du degré d'acidité (par mesure de pH) et de conductivité.

Ainsi, une tenue au feu de câbles satisfaisant aux exigences de la CEI 60332-3-24, catégorie C, de la série de publications CEI 61034 et de la CEI 60754-2 comme indiqué au Tableau 4, a été, dans le passé, jugée satisfaisante. Les autres catégories, A, B et D (CEI 60332-3-20 et suivantes) dépendent du diamètre extérieur du câble; cela ne définit pas nécessairement les niveaux de gravité car le montage des câbles, comme il a été montré, a une plus grande influence. La catégorie C a été généralement utilisée dans le passé pour le câblage structuré en raison du diamètre du câble générique.

Tableau 4 – Exigences de tenue au feu des câbles

Paramètre	Méthode d'essai	Exigence
Essai intégré	EN 50399	Résidu charbonneux, chaleur, dégagement de chaleur, fumée, débit de production de fumée, FIGRA, SMOGRA
Propagation du feu	CEI 60332-3-24, catégorie C	Résidu charbonneux inférieur à 2,5 m à l'achèvement de l'essai
Fumée	Série CEI 61034	Facteur minimal de transmittance de la lumière 60 %
Gaz acides	CEI 60754-2	pH supérieur ou égal à 4,3 Conductivité inférieure ou égale à 10 µS/mm

8.2 Considérations sur le danger d'incendie

L'approche traditionnelle pour la tenue au feu des câbles était basée sur les risques présentés par la conception des câbles, les matériaux entrant dans la fabrication des câbles et les installations applicables jusque-là. Depuis lors, de nouvelles conceptions de câble, matériaux et procédés d'installation ont été déployés, particulièrement pour les câbles de communication et informatiques. La recherche actuelle et récente a introduit des considérations au niveau de la science du feu, de l'ingénierie du feu, et des discussions avec les professionnels du feu ont montré que leur préoccupation majeure portait sur l'évacuation des bâtiments, la sécurité des pompiers, la fumée, la chaleur, le réallumage des flammes, l'embrasement généralisé, le retour de flamme et l'effondrement de constructions.

Des consignes sur le danger d'incendie sont données dans l'ISO 13571. Des consignes générales sur le danger d'incendie des produits électrotechniques sont données dans la CEI 60695-1-10. Des consignes sur l'évaluation des dangers d'incendie des produits électrotechniques sont données dans la CEI 60695-1-11.

Un grand nombre d'incendie se sont produits et ont montré que les câbles de communication ne sont toujours pas la source première d'incendie, mais ils peuvent être impliqués dans les incendies causés, par exemple, par des défaillances électriques sur des équipements d'alimentation, des appareils d'éclairage et des ventilateurs d'armoires. Des incendies sur équipement d'alimentation peuvent provoquer des incendies des câblages verticaux, des feux de détritux ont provoqué des incendies dans des câblages de salles informatiques, et des défaillances d'appareils d'éclairage ont provoqué des incendies dans des vides de plafond dissimulés.

Les résultats de recherche indiquent que lorsque les méthodes d'essai sont convenables pour évaluer la réaction des câbles aux caractéristiques de l'incendie, il convient de tenir compte des éléments suivants.

- a) Fumée: En considérant l'évacuation d'un bâtiment dans un scénario d'incendie évolutif, la production de fumée et la densité des fumées sont des risques critiques. Tandis que la fumée peut être évaluée à partir d'un grand nombre de perspectives et possède un grand nombre de composants, le paramètre principal pour l'évaluation du risque est la mesure de l'obscurcissement par la fumée ou de la partie visible des effluents du feu. Plusieurs méthodes d'essai existent pour la mesure séparée de la production totale de fumée, du taux de dégagement de fumée ou du facteur de transmittance de la lumière (densité optique de la fumée), par exemple la CEI 61034 pour la transmittance de la lumière, qui comporte l'essai 3 m³ indépendant des critères selon lesquels les paramètres primaires de réaction au feu ont été mesurés. L'EN 50399 peut mesurer le débit et le total de fumée: il convient que la mesure de la fumée pour les produits de construction tels que les câbles fasse partie d'un protocole d'essai intégré comme dans l'EN 50399.

La mesure de paramètres tels que le débit de production de fumée, la crête de débit de production de fumée et la production de fumée totale peut permettre d'établir les critères de classement des performances des produits. Avec les mesures du facteur de transmittance de la lumière à travers les effluents du feu, des descriptions de la densité

optique crête et moyenne (dans les méthodes d'essai EN 50399, NFPA 262 et EN 50289-4-11), le taux de fumée en crête et la production de fumée totale à un moment donné, des données peuvent être générées afin d'établir des critères appropriés pour la tenue et la sélection de produits.

La série d'essais classiques CEI 61034 est effectuée sur des longueurs relativement courtes de câbles exposés à une source de feu alcoolique dans une enceinte de 3 m³. Destiné à représenter un feu de poubelles dans un tunnel de chemins de fer souterrain, ce n'est pas un scénario en vraie grandeur et il n'est pas représentatif des installations de câbles de communication dans les bâtiments.

L'attention est attirée sur les consignes relatives à l'opacité de la fumée données dans la CEI 60695-6-1, et sur la CEI 60695-6-2 qui résume les méthodes d'essai de fumée et contient des commentaires sur leur pertinence.

- b) Chaleur: La chaleur est un danger d'incendie que les normes de câbles de la CEI n'avaient jusque-là pas abordé.

Généralement, les câbles seraient impliqués dans un développement de feu, mais avec l'avènement des bureaux et postes de travail informatisés, un nouveau danger d'incendie a été identifié. Ce danger commence avec un feu dans la corbeille à papier sous un poste de travail (problème fréquent dû aux mégots de cigarettes) et peut conduire à un feu de 1 MW à 5 MW, comme les essais l'ont montré.

Les pratiques modernes d'installation des câbles, particulièrement avec des systèmes filaires structurés, ont conduit à des vides de construction donnant lieu à un regroupement dense de câbles de communication, augmentant de ce fait la charge combustible. Si les câbles superflus ne sont pas enlevés, de nombreuses générations de câbles peuvent être présentes avec des tenues au feu différentes (et quelquefois moins sûres) et des charges combustibles différentes. Il convient, par conséquent, que les exigences de tenue au feu des câbles incluent le dégagement de chaleur comme paramètre majeur.

Une bonne pratique est qu'il convient que les installateurs de câbles retirent les câbles superflus avant d'en installer de nouveaux.

L'attention est attirée sur les consignes concernant le dégagement de chaleur dans la CEI 60695-8-1 et sur le résumé et l'applicabilité des méthodes d'essai données dans la CEI/TR 60695-8-2.

- c) Propagation de flamme: Certaines méthodes d'essai mesurent la propagation de la flamme pendant l'essai et d'autres mesurent la longueur carbonisée après l'essai. Certains matériaux de gainage sont conçus pour carboniser afin de limiter la propagation de la flamme, auquel cas la longueur carbonisée après l'essai peut être plus grande que la propagation de flamme durant l'essai. Il est désormais reconnu que la mesure du résidu carbonisé après achèvement de l'essai n'est pas une mesure de la propagation de flamme, et les recherches, comme le projet FIPEC, suggèrent que le débit calorifique est une meilleure mesure de la croissance du feu.

L'attention est attirée sur les consignes relatives à la propagation de flamme en surface données dans la CEI 60695-9-1 et sur le résumé et l'applicabilité des méthodes d'essai données dans la CEI/TR 60695-9-2.

- d) Effluents, dommage de corrosion: Les termes tels que gaz acides, acidité et conductivité, définis par des mesures indirectes de teneur en halogène et du pH, ne sont pas bien compris par rapport aux dangers d'incendie. Dans la première édition de la CEI 60754 (de laquelle dérivent la nouvelle édition de la série CEI 60754 et l'EN 50267-2-3), le risque est décrit comme la préoccupation formulée par les utilisateurs des câbles sur la quantité de gaz acides émise quand l'isolant, la gaine et les autres matériaux des câbles ont brûlé, puisque ces acides peuvent provoquer des dommages étendus pour des équipements électriques et électroniques non impliqués dans le feu lui-même. Il est aussi noté que "bien qu'il n'existe pas une corrélation quantitative directe entre le pH et la corrosivité, la détermination du pH et de la conductivité des gaz émis donne habituellement une indication qualitative de la corrosivité possible des gaz développés pendant un incendie". Il n'existe pas de scénarios en vraie grandeur pour le danger des gaz acides, et la justification technique pour les exigences de la CEI 60754 n'est pas claire.

La CEI 60695-5-1 fournit des indications générales sur les effets des dommages de corrosion des effluents de feu et souligne que les essais indirects qui mesurent le pH, la conductivité et la concentration des acides ont l'avantage d'être relativement simples, mais l'inconvénient de ne pas mesurer les dommages de corrosion. Toutefois, ces dommages peuvent être évalués en termes de dommages aux échantillons d'essai métalliques, ou de niveau d'altération opérationnelle des circuits d'essai. Il convient que ces méthodes directes soient considérées comme des essais plus appropriés que la CEI 60754 ou l'EN 50267. La CEI/TS 60695-5-2 résume les méthodes d'essai de corrosivité et comprend des commentaires sur leur pertinence.

La CEI/TS 60695-5-2 résume les méthodes d'essai destinées à évaluer les dommages de corrosion des effluents de feu et comprend des commentaires sur leur pertinence.

- e) Effluents, effluents toxiques: Les effluents du feu consistent en un mélange complexe de particules solides, d'aérosols liquides et de gaz. Bien que les feux puissent générer des effluents de compositions largement différentes, les essais de toxicité ont démontré que les gaz sont le principal facteur dans les causes de toxicité aiguë. Les effets toxiques aigus prédominants peuvent être séparés en deux classes:

- effets asphyxiants,
- irritation sensorielle et/ou des voies respiratoires supérieures.

Les effluents asphyxiants et irritants peuvent rendre les personnes incapables d'évacuer un incendie et peuvent s'avérer mortels.

Il n'existe pas de scénario en vraie grandeur ou de méthode d'essai permettant d'évaluer le risque toxique de la combustion des câbles. Cependant, il existe des méthodes d'essai permettant de déterminer le pouvoir toxique des effluents produits par la combustion des matériaux. Ces données de pouvoir toxique peuvent ensuite être utilisées dans le cadre d'une analyse des risques.

Des consignes sur la toxicité des effluents de feu sont données dans la CEI 60695-7-1, et la CEI 60695-7-2 résume les méthodes d'essai de toxicité et comprend des commentaires sur leur pertinence. La CEI 60695-7-3 décrit l'utilisation et l'interprétation des résultats d'essai de toxicité.

- g) Chemins de propagation du feu: Il convient de noter les exemples de chemins de propagation du feu tels qu'ils sont identifiés par l'ISO TC 92. La propagation du feu dans les toits, au-dessus des plafonds, sous les planchers et à travers les vides de construction horizontaux et verticaux est considérée comme liée aux câbles de communication dans les bâtiments. Par exemple, l'Article 6 de l'ISO 19706:2011 traite de la génération et de la nature des effluents.

8.3 Dangers d'incendie des câbles

Les données provenant des feux de câbles et de la recherche indiquent que les dangers d'incendie et les paramètres d'incendie suivants doivent être pris en compte dans les spécifications de câbles:

- facilité d'allumage,
- chaleur – dégagement de chaleur total, débit calorifique, dégagement de chaleur crête, embrasement généralisé, intégrité structurelle,
- propagation du feu – propagation de la flamme, particules/gouttelettes enflammées,
- effluents du feu – fumée, toxines (gaz asphyxiants et irritants), corrosivité,
- effets sur les performances électrotechniques.

9 Méthodes d'essai

9.1 Revue

Au cours des dix dernières années, de nombreux amendements et ajouts ont été apportés aux méthodes d'essai. La revue la plus récente des méthodes d'essai de combustion de câbles est contenue dans la série de normes du TC 89 de la CEI qui résume et indique la