

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Fire hazard testing –

Part 1-11: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products –

Fire hazard assessment

Essais relatifs aux risques du feu –

Partie 1-11: Lignes directrices pour l'évaluation du danger du feu des produits

électrotechniques – Evaluation du danger du feu



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2014 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

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

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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



IEC 60695-1-11

Edition 2.0 2014-10

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Fire hazard testing –

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

Essais relatifs aux risques du feu –

**Partie 1-11: Lignes directrices pour l'évaluation du danger du feu des produits
électrotechniques – Evaluation du danger du feu**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 13.220.40, 29.020

ISBN 978-2-8322-1862-4

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
4 Elements of fire hazard assessment	14
4.1 Ignition sources	14
4.2 Fire hazard	14
4.3 Fire risk	14
4.4 Fire hazard assessment.....	15
5 Fire hazard tests.....	15
6 The fire hazard assessment process.....	16
6.1 General.....	16
6.2 Definition of the product range and the circumstances of use.....	17
6.3 Identification and analysis of fire scenarios	17
6.3.1 General	17
6.3.2 Qualitative description of the fire scenario	17
6.3.3 Quantitative analysis of the fire scenario	18
6.3.4 Simple hypothetical fire scenarios.....	19
6.4 Selection of criteria for acceptable fire scenario outcomes	20
6.5 Performance requirements	20
6.6 Interpretation of test results	20
6.7 Consequential testing	21
7 Extent and limitations of the fire hazard assessment	21
8 Fire test requirements and specifications.....	21
Annex A (informative) Calculation of acceptable toxic yield values for an electrical insulation material, based on a simple hypothetical fire scenario.....	28
A.1 Definition of the fire scenario	28
A.2 Irritant fire effluent	28
A.2.1 <i>F</i> values	28
A.2.2 Equation for irritants	28
A.2.3 Calculation of the X_i values.....	29
A.3 Asphyxiant fire effluent	29
A.3.1 Exposure dose.....	29
A.3.2 Equation for asphyxiants	29
A.3.3 Calculation of X_{CO}	30
A.3.4 Calculation of X_{HCN}	31
A.4 Carbon dioxide.....	32
A.5 Conclusions	32
Annex B (informative) Use of rigid plastic conduit – A fire hazard assessment	33
B.1 General.....	33
B.2 Terms and definitions.....	33
B.3 Products covered by this fire hazard assessment.....	33
B.4 Circumstances of use.....	33
B.4.1 Conduit and wiring.....	33

B.4.2	Building construction	34
B.5	Fire scenarios	34
B.6	Relevant fire behaviour	35
B.6.1	General	35
B.6.2	Modelling the exposure fire	35
B.6.3	Predicting mass loss of the conduit.....	36
B.7	Results	36
B.7.1	Comparative of fires with and without RPC	36
B.7.2	Assessment of the contribution of RPC to temperature rise.....	36
B.7.3	Assessment of the contribution of RPC to smoke production.....	36
B.7.4	Assessment of the contribution of RPC to the production of toxic effluent	37
B.8	Interpretation of results – Significance and precision	38
B.9	Conclusions	39
Bibliography.....		45
Figure 1	– Flowchart 1 for description of the fire scenario	23
Figure 2	– Flowchart 1A for evaluation of ignitability/flammability	24
Figure 3	– Flowchart 1B for evaluation of flame propagation and heat release	25
Figure 4	– Flowchart 1C for evaluation of fire effluent	26
Figure 5	– Flowchart for description of the range of products and circumstances of use.....	27
Figure B.1	– Schematic of conduit installation.....	40
Figure B.2	– Corridor upper layer temperature (concrete wall)	40
Figure B.3	– Corridor upper layer temperature (gypsum wall board).....	41
Figure B.4	– Flux measured at the conduit 2 m away (concrete wall)	41
Figure B.5	– Flux measured at the conduit 2 m away (gypsum wall).....	42
Figure B.6	– Comparative mass loss rates of furniture and conduit (concrete wall)	42
Figure B.7	– Comparative mass loss rates of furniture and conduit (gypsum wall board)	43
Figure B.8	– Relative increase of toxicity due to exposed conduit (concrete wall)	43
Figure B.9	– Relative increase of toxicity due to exposed conduit (gypsum wall board)	44
Table A.1	– Irritant <i>F</i> values and calculated <i>X</i> values for the defined fire scenario	29
Table A.2	– Asphyxiant <i>X</i> values calculated for the defined fire scenario.....	30
Table A.3	– Incapacitation times for hydrogen cyanide.....	31
Table A.4	– Multiplication factors for carbon dioxide	32
Table B.1	– Summary of fire scenario information	35
Table B.2	– Time of occurrence of highly hazardous conditions in building corridors.....	38

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIRE HAZARD TESTING –

Part 1-11: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Fire hazard assessment

FOREWORD

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

International Standard IEC 60695-1-11 has been prepared by IEC technical committee 89: Fire hazard testing.

This second edition cancels and replaces the first edition of IEC 60695-1-11 published in 2010, and constitutes a technical revision.

The main changes with respect to the previous edition are:

- a) Updated references;
- b) Updated terms and definitions; and
- c) Added Figure 5 – Description of range of products and circumstances of use; and
- d) Updated Bibliography.

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

FDIS	Report on voting
89/1220/FDIS	89/1239/RVD

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

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

It has the status of a basic safety publication in accordance with IEC Guide 104 and ISO/IEC Guide 51 [10] ¹.

This standard is to be used in conjunction with IEC 60695-1-10.

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

Part 1 consists of the following parts:

- Part 1-10: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – General guidelines
- Part 1-11: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Fire hazard assessment
- Part 1-12: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Fire safety engineering²
- Part 1-20: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Ignitability – General Guidance
- Part 1-21: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Ignitability – Summary and relevance of test methods
- Part 1-30: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Preselection testing process – General guidelines
- Part 1-40: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Insulating liquids

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.

¹ Figures in square brackets refer to the Bibliography.

² To be published.

INTRODUCTION

In the design of any electrotechnical product the risk of fire and the potential hazards associated with fire need to be considered. In this respect the objective of component, circuit and equipment design as well as the choice of materials is to reduce to acceptable levels the potential risks of fire even in the event of foreseeable abnormal use, malfunction or failure. This standard, together with its companion, IEC 60695-1-10, provides guidance on how this is to be accomplished.

The primary aims are to prevent ignition caused by an electrically energised component part and, in the event of ignition, to confine any resulting fire within the bounds of the enclosure of the electrotechnical product.

Secondary aims include the minimisation of any flame spread beyond the product's enclosure and the minimisation of harmful effects of fire effluents including heat, smoke, and toxic or corrosive combustion products.

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

Fire hazard assessment is used to identify the kinds of fire events (fire scenarios) which will be associated with the product, to establish how the measurable fire properties of the product are related to the outcome of those events, and to establish test methods and performance requirements for those properties which will either result in a tolerable fire outcome or eliminate the event altogether.

Annex A demonstrates a relatively simple fire hazard assessment process as applied to the toxic hazard from a burning material.

Annex B demonstrates a more complex fire hazard assessment process as applied to an electrotechnical product, rigid plastic conduit.

Attention is drawn to the principles in IEC Guide 104, and to the role of committees with horizontal safety functions and group safety functions.

FIRE HAZARD TESTING –

Part 1-11: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Fire hazard assessment

1 Scope

This part of IEC 60695 provides guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products and for the resulting development of fire hazard testing as related directly to harm to people, animals or property.

It outlines a hazard-based process to identify appropriate fire test methods and performance criteria for products. The principles of the methodology are to identify fire events (fire scenarios) which will be associated with the product, to establish how the measurable fire properties of the product are related to the possible occurrence and outcome of those events, and to establish test methods and performance requirements for those properties which will either result in a tolerable fire outcome or eliminate the event altogether.

It is intended as guidance to IEC committees, to be used with respect to their individual applications. The actual implementation of this document remains the responsibility of each product committee, according to the minimum acceptable fire safety in its application field and taking into account the feedback from experience.

This basic safety publication is intended for use by technical committees in the preparation of standards in accordance with the principles laid down in IEC Guide 104 and ISO/IEC Guide 51 [10].

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

2 Normative references

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

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

IEC 60695-1-12, *Fire hazard testing – Part 1-12 Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Fire safety engineering*³

IEC 60695-4:2012, *Fire hazard testing – Part 4: Terminology concerning fire tests for electrotechnical products*

³ To be published.

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

ISO 13943:2008, *Fire safety – Vocabulary*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document the following terms and definitions apply.

3.1

asphyxiant

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

Note 1 to entry: Loss of consciousness and ultimately death may occur.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.17]

3.2

available safe escape time

ASET

time available for escape for an individual occupant, the calculated time interval between the time of ignition and the time at which conditions become such that the occupant is estimated to be incapacitated, i.e. unable to take effective action to escape to a safe refuge or place of safety

Note 1 to entry: The time of ignition can be known, e.g. in the case of a fire model or a fire test, or it may be assumed, e.g. it may be based upon an estimate working back from the time of detection. The basis on which the time of ignition is determined is always stated.

Note 2 to entry: This definition equates incapacitation with failure to escape. Other criteria for ASET are possible. If an alternate criterion is selected, it is necessary that it be stated.

Note 3 to entry: Each occupant can have a different value of ASET, depending on that occupant's personal characteristics.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.20]

3.3

built environment

building or other structure

EXAMPLES off-shore platforms, civil engineering works, such as tunnels, bridges and mines; and means of transportation such as motor vehicles and marine vessels.

Note 1 to entry: ISO 6707-1 [11] contains a number of terms and definitions for concepts related to the built environment.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.26]

3.4

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, definition 4.46]

3.5**combustion product**
product of combustion

solid, liquid and gaseous material resulting from combustion

Note 1 to entry: Combustion products can include fire effluent, ash, char, clinker and/or soot.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.48]

3.6**effective heat of combustion**

heat released from a burning test specimen in a given time interval divided by the mass lost from the test specimen in the same time period

Note 1 to entry: It is the same as the net heat of combustion if all the test specimen is converted to volatile combustion products and if all the combustion products are fully oxidized.

Note 2 to entry: The typical units are $\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.74]

3.7**end product**

product that is ready for use without modification

Note 1 to entry: An end product can be a component of another end product.

[SOURCE: IEC 60695-4:2012, definition 3.2.7]

3.8**environment**

conditions and surroundings that can influence the behaviour of an item or persons when exposed to fire

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.80]

3.9**escape**

effective action taken to reach a safe refuge or place of safety

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.82]

3.10**exposure dose**

measure of the maximum amount of a toxic gas or fire effluent that is available for inhalation, calculated by integration of the area under a concentration-time curve

Note 1 to entry: For fire effluent, typical units are grams times minutes per cubic metre ($\text{g}\cdot\text{min}\cdot\text{m}^{-3}$).

Note 2 to entry: For a toxic gas, typical units are microlitres times minutes per litre ($\mu\text{L}\cdot\text{min}\cdot\text{L}^{-1}$) (at $T = 298\text{ K}$ and $P = 1\text{ atm}$).

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.89]

3.11**extinction area of smoke**

product of the volume occupied by smoke and the extinction coefficient of the smoke

Note 1 to entry: It is a measure of the amount of smoke, and the typical units are square metres (m^2).

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.92]

3.12
fire

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

Note 1 to entry: In the English language the term "fire" is used to designate three concepts, two of which, fire (3.13) and fire (3.14), relate to specific types of self-supporting combustion with different meanings and two of them are designated using two different terms in both French and German.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.96]

3.13
fire

<controlled> self-supporting combustion that has been deliberately arranged to provide useful effects and is limited in its extent in time and space

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.97]

3.14
fire

<uncontrolled> self-supporting combustion that has not been deliberately arranged to provide useful effects and is not limited in its extent in time and space

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.98]

3.15
fire effluent

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.105]

3.16
fire growth

stage of fire (3.12) development during which the heat release rate and the temperature of the fire are increasing

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.111]

3.17
fire hazard

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.112]

3.18
fire risk

probability of a fire (3.14) combined with a quantified measure of its consequence

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.124]

3.19**fire safety engineering**

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.126]

3.20**fire scenario**

qualitative description of the course of a fire (3.14) with respect to time, identifying key events that characterise the studied fire and differentiate it from other possible fires

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.129]

3.21**fire test**

test that measures behaviour of a fire (3.12) or exposes an item to the effects of a fire (3.13)

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, definition 4.132]

3.22**flame front**

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.136]

3.23**flame spread**

propagation of a flame front

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.142]

3.24**flashover**

⟨stage of fire⟩ transition to a state of total surface involvement in a fire (3.14) of combustible materials within an enclosure

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.156]

3.25**fractional effective dose*****FED***

ratio of the exposure dose for an asphyxiant to that exposure dose of the asphyxiant expected to produce a specified effect on an exposed subject of average susceptibility

Note 1 to entry: As a concept, fractional effective dose may refer to any effect, including incapacitation, lethality or other endpoints.

Note 2 to entry: When not used with reference to a specific asphyxiant, the term *FED* represents the summation of *FED* values for all asphyxiants in a combustion atmosphere.

Note 3 to entry: The *FED* is dimensionless.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.160]

3.26
heat release

thermal energy produced by combustion

Note 1 to entry: The typical units are joules (J).

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.176]

3.27
heat release rate

burning rate (deprecated)

rate of burning (deprecated)

rate of thermal energy production generated by combustion

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.177]

3.28
ignition

sustained ignition (deprecated)

<general> initiation of combustion

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.187]

3.29
ignition

sustained ignition (deprecated)

<flaming combustion> initiation of sustained flame

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.188]

3.30
incapacitation

state of physical inability to accomplish a specific task

Note 1 to entry: An example of a specific task is to accomplish escape from a fire.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.194]

3.31
irritant, noun

<sensory/upper respiratory> gas or aerosol that stimulates nerve receptors in the eyes, nose, mouth, throat and respiratory tract, causing varying degrees of discomfort and pain with the initiation of numerous physiological defence responses

Note 1 to entry: Physiological defence responses include reflex eye closure, tear production, coughing, and bronchoconstriction.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.203]

3.32
mass loss rate

test specimen mass loss per unit time under specified conditions

Note 1 to entry: The typical units are grams per second (g·s⁻¹).

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.224]

3.33

obscuration by smoke

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

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

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.242]

3.34

qualitative fire test

fire test which is either:

- a) a pass/fail test; or
- b) a test which categorizes the behaviour of the test specimen by determining its position in a rank order of performance

3.35

quantitative fire test

fire test which takes into account the circumstances of product use in which the test conditions are based on, or are relatable to, the circumstances of use of the test specimen, and which measures a parameter or parameters, expressed in well defined terms and using rational scientific units, which can be used in the quantitative assessment of fire risk

3.36

radiant heat flux

power per unit area emitted, transferred or received in the form of heat radiation

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.269]

3.37

reaction to fire

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

Note 1 to entry: Fire resistance is regarded as a special case and is not normally considered as a reaction to fire property.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.272]

3.38

smoke

visible part of fire effluent

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.293]

3.39

specific extinction area of smoke

extinction area of smoke produced by a test specimen in a given time period divided by the mass lost from the test specimen in the same time period

Note 1 to entry: The typical units are square metres per gram ($\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$).

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.301]

3.40
toxic
poisonous

Note 1 to entry: A poisonous substance produces adverse effects upon a living organism, e.g. irritation, narcosis or death.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.335]

3.41
toxic potency
measure of the amount of toxicant (3.42) required to elicit a specific toxic (3.40) effect

Note 1 to entry: A small value of toxic potency corresponds to a high toxicity (3.42) and vice versa.

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.338]

3.42
toxicant
toxin
toxic (3.40) substance

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.340]

3.43
toxicity
toxic (3.40) quality

[SOURCE: ISO 13943:2008, definition 4.341]

4 Elements of fire hazard assessment

4.1 Ignition sources

Ignition occurs as a result of an increase in temperature (see IEC 60695-1-20). Common ignition phenomena encountered in electrotechnical products are described in detail in Table 1 in IEC 60695-1-10:2009.

Fires involving electrotechnical products can also be initiated from external non-electrical sources, and an overall fire hazard assessment should include this possibility.

4.2 Fire hazard

A fire hazard is a physical object or condition with a potential for an undesirable consequence from fire (see 3.17). Fire hazards therefore encompass potential fuels and ignition sources (see 4.1).

4.3 Fire risk

Fire risk is calculated from the probability of the fire and a quantified measure of its consequences. The consequences may refer to injury or loss of life from threats such as heat, smoke, oxygen depletion, or the concentration of incapacitating fire gases. The consequences may also refer to loss of property, such as the extent of fire damage and the cost of repair and replacement. A wide range of potential fire scenarios may be analysed quantitatively to establish measures of overall fire risk

4.4 Fire hazard assessment

Fire hazard assessment involves the assessment of the possible causes of fire, the possibility and nature of subsequent fire growth, and the possible consequences of fire.

The fire hazard posed by a product, i.e. the possibility of ignition, subsequent fire growth and the possible consequences of a fire involving that product, depend upon the product's characteristics, service conditions and the environment in which it is used. This environment includes consideration of the number and capabilities of people exposed to a fire involving that product, and/or the value and vulnerability of exposed property.

The threat to life and property damage associated with a product is usually the primary result of the heat and fire effluent produced by the fire to which the product gives rise. Accordingly, consideration is given to ignition and fire growth, followed by the heat release and the opacity, toxicity and corrosivity of the fire effluent from a burning product, or from any materials that owe their fire involvement to the product. The direct effects of these fire properties, as well as their effects on people, affecting their ability to continue to function during and after the fire, are considered. In some cases, additional factors must be evaluated as well, such as the effects of excessive heat leading to the collapse of the surrounding structure or accumulation of flammable gases, vapours and/or dusts leading to the possibility of explosion.

Certain products may cover considerable portions of exposed surfaces or may penetrate fire-rated walls. Examples include products requiring large enclosures, as well as insulated cables and conduits. Such products, when exposed to an external fire, should be evaluated from the standpoint of their contribution to the fire in comparison to the same building, materials or structure in which the products are not installed.

Following a detailed review of all the fire hazards related to a defined fire scenario, the final product standards, as drafted, should include a series of tests or a single test, as appropriate, to address the specific issues that have been identified.

The fire hazard assessment process is discussed in more detail in Clause 6.

5 Fire hazard tests

A fire hazard assessment shows how the different fire performance characteristics of the product can initiate or contribute to the development of a hazardous fire situation under the foreseeable conditions of use or misuse. These fire performance characteristics should be obtained from quantitative fire tests in which the results are expressed in fundamental physical units, such as energy, mass, dimension, concentration and time, because this enables the calculation of the effect or effects of fire under consideration.

Although the results of qualitative fire tests usually cannot be correlated with real-scale fire performance, as the test conditions often cannot be related to the fire scenario of concern, nevertheless, under certain circumstances, it is appropriate to maintain such tests or even to develop new ones.

NOTE The nature and applicability of qualitative and quantitative fire tests are discussed in detail in IEC 60695-1-10.

A fire hazard assessment should provide the rationale for why a given fire test is selected and what performance requirements should be measured.

6 The fire hazard assessment process

6.1 General

Fire hazard assessment is achieved by the use of fire test data in scientifically based models of fire behaviour. The fire hazard assessment can then be used to control the hazards to life, property and the environment to which the product may give rise in a fire. This may be done by modification of the design of the product or by changing the way the product is used or installed.

This international standard makes use of many of the elements of fire safety engineering discussed in ISO documents. These are:

ISO 23932 [21], ISO 16730 [14], ISO 16732-1 [15], ISO/TS 16733 [16], ISO 16734 [17], ISO 16735 [18], ISO 16736 [19], ISO 16737 [20] and ISO/TR 13387 (all parts) [12].

These ISO documents, which relate to fire safety engineering, were developed to evaluate the design of the built environment, with the expectation that the design can be changed if the outcome of the analysis is unsatisfactory. In the case of electrotechnical end products, however, this approach is only appropriate when the end product is intended to be used in the built environment *after* design and construction are complete, either as movable contents or as part of a system that is installed post-construction. Fire hazard assessment of these electrotechnical end products must take the building design parameters as fixed, rather than controllable, elements in the process.

With respect to electrotechnical products, the primary concern of fire hazard assessment is to characterize and then to control the impact of fires caused by electrically induced ignition. A secondary concern is the possible involvement of the product after ignition has occurred elsewhere.

NOTE In fire hazard assessment the likelihood that ignition will occur is assumed. A broader risk-based approach to fire safety, of which fire hazard assessment can be a part, might also address the probability of ignition.

Other standards for fire safety engineering, such as the establishment and selection of fire scenarios and design fires, evaluation of behaviour and movement of people, and general guidance of performance-based fire safety design and assessment, are being developed by ISO. All relevant ISO standards should be taken into account whenever appropriate.

IEC 60695-1-12 gives guidance on the applications of fire safety engineering to electrotechnical products.

The basic steps to follow in developing a fire hazard assessment are:

- a) the definition of the product range and circumstances of use, to which the assessment applies (see 6.2);
- b) the identification, definition and analysis of the fire scenario or scenarios of concern, leading to a list of key product fire performance characteristics and/or test methods (see 6.3);
- c) the selection of the criteria defining acceptable outcomes of fire (see 6.4);
- d) the establishment of product performance requirements (see 6.5); and
- e) the interpretation of test results (see 6.6).

The relationships between the steps of the fire hazard assessment and the resulting tests are shown schematically in Flowcharts 1, 1A, 1B and 1C (contained in Figures 1 to 4).

6.2 Definition of the product range and the circumstances of use

The first step involves the definition of the class or range of those products to which the fire hazard assessment is to apply. This is done by selecting a candidate product, determining its circumstances of use, and describing in preliminary form the most significant fire scenario in which it may become involved. The same fire scenario, or a closely related one, may be an important source of hazard for other products, or other circumstances of use as well, so the eventual scope of the analysis may only become apparent as the fire scenario is defined more completely.

NOTE If appropriate, refer to the applicable IEC product standard.

6.3 Identification and analysis of fire scenarios

6.3.1 General

A fire scenario is a detailed qualitative description of conditions of one or more stages in an actual fire (or a full-scale simulation) from before ignition to completion of combustion. There will often be more than one fire scenario in which the product can participate, and in principle, the product can be assumed to contribute differently to the consequences of fire associated with each fire scenario. Therefore, a separate fire hazard assessment is required for each important fire scenario identified.

Whether the focus of assessment is a product or a system, typically the most important fire scenario characteristics will be those that either define the fire conditions that cause the product to become involved in fire, or that indicate the time in the fire when its contribution will cause the most serious consequences.

Thus, to be useful, the qualitative fire scenario must be analysed so as to provide data which quantitatively relates the outcome of the incident to the behaviour of the product – as a source of ignition and/or in terms of its measurable fire properties as determined by available reaction-to-fire tests.

6.3.2 Qualitative description of the fire scenario

A qualitative description of each fire scenario of concern should be developed. For each fire scenario, the following questions should be considered:

- a) What is the source of ignition, i.e., is it the product itself or is the product the victim of a fire, which has originated elsewhere?
- b) If the product is not the ignition source, describe the ignition conditions.
- c) How is ignition detected?
- d) What is the size of the fire when the product ignites?
- e) What are the other fuels for the fire?
- f) What is the location of the product? Is it enclosed?
- g) What are the ventilation conditions?
- h) What is the location of the fire relative to the product?
- i) What are the components of the fire effluent ?
- j) Describe the arrangement of the compartments in which the fire effluent will accumulate.
- k) What consequence or consequences of the fire are perceived to be of concern, e.g. heat or the effects of fire effluent?
- l) What is the target, e.g. exposed people, property or specialized equipment?
- m) If the targets are people, what are their capabilities and options for escape? How many people are likely to be affected?
- n) Where is the location of the target?

- o) What building fire safety systems exist?
- p) Can circumstances be envisioned where one or more of these building systems will fail in connection with the same events which cause the product to be involved in the fire situation?
- q) What other conditions will influence the course of ignition and/or fire growth?

Data available for use in fire hazard assessment may be any of the following types:

- 1) test results;
- 2) measurements of, or statistics concerning, characteristics of historical fires; or
- 3) documented judgement by experts.

These data may be used directly as fire hazard assessment measures or they may be used as input data to a calculation procedure that produces the final fire hazard assessment.

NOTE Additional guidance on how to define and describe a fire scenario can be found in ISO/TR 13387-1:1999, 10.4 and 10.5, and ISO/TR 13387-2:1999, 5.1 through 5.2.6. In this fire hazard assessment, however, the important fire scenarios are evaluated one at a time, not all together as in the ISO approach. (Hence, the material in ISO/TR 13387-2:1999, 5.2.7 through 5.2.11, is not used directly).

The fire scenario's primary purpose is to identify the product's potential contribution to each undesirable effect of the developing fire and, thereby, those aspects of the product's fire performance that affect the outcome of the fire scenario. Once the key contributors are established, methods for their quantification or measurement must be identified as illustrated in Figure 1.

The first fire scenario evaluated using Figure 1 will yield a list of the product's fire attributes, which relate to its contributions to the undesirable consequences arising from that fire scenario. Analysis of subsequent fire scenarios will often identify similar undesirable consequences and, therefore, many of the same fire attributes will be important. Hence, the list of required measurements will grow more slowly, or perhaps not at all, as the analysis of the fire scenarios proceeds.

Following this, the fire scenarios are ranked in order of their importance. Ranking can be done either on the basis of frequency or severity, or a combination of both. Once a fire scenario ranking is established, it becomes apparent which aspects of product fire performance are most important.

In many cases, particularly for products that will be used in a wide variety of different circumstances, it will not be possible to answer all the questions listed in 6.3.2.

6.3.3 Quantitative analysis of the fire scenario

While the appropriate test methods that are required can usually be identified from a qualitative analysis of the fire scenarios, a quantitative analysis of the most important fire scenarios is needed. The analysis serves two functions:

- 1) It provides data concerning the thermal environment of the product, so that test conditions can be set at levels to simulate actual fire scenario conditions.
- 2) It provides calculated values of the various parameters associated with the undesirable consequences of the fire, from the scenarios that involve the product, if the product's performance in the fire tests is known.

It is possible to see the change in the consequences of fire resulting from the presence of the product. This is done as follows:

- a) Describe the fire growth curve, and the thermal environment it produces, with and without the product present. The difference in the thermal environment is caused by the presence of the product.

- b) If fire effluent is of concern, describe the mass-loss curve associated with the fire growth curve, with and without the product present.
- c) Describe how the increase in the undesirable consequences of the fire at the target site is related to the mass loss curve.
- d) Connect the two: describe the increase in the undesirable consequences of the fire at the target site in terms of the fire growth curve with and without the product present.

Quantitatively describing the undesirable consequences of the fire requires that the methods of fire safety engineering be employed. The reader is referred to ISO TR 13387, parts 2, 3, 4, 5, 7 and 8 which provide additional information on how these quantitative techniques are employed and what data they require.

Many test methods and/or calculations based on the methods of fire safety engineering will require a number of specification or input values. For example, a test for rate of heat release of a burning product will require that the size and duration of the ignition source is specified, as well as the radiant heat intensity (flux) to which the product should be exposed and the ventilation conditions under which it burns.

When the product is the first item ignited (an ignition may happen within the product), the possibility of the occurrence of an excessive heat source and the possibility of the subsequent ignition of surrounding part(s) should be examined.

When the product is not the first item ignited, nearby combustibles will be important in determining the thermal conditions to which the product is exposed. Similarly, the heat, as well as the quality and quantity of fire effluent, produced by other nearby burning objects must be estimated in order to determine the importance of the contribution of the product.

The procedure for incorporating the appropriate tests into the analysis and for specifying the test settings is outlined further in Flowcharts 1, 1A, 1B and 1C.

6.3.4 Simple hypothetical fire scenarios

To carry out a full fire hazard assessment is both complex and potentially expensive. Also, as discussed above, information about the product environment may not be available or may be within a broad range. It is therefore often useful to assume a relatively simple hypothetical fire scenario based on historical data, and then to use this scenario to examine how a product would affect the consequences of the fire.

As a minimum, the following basic information will be needed to define the fire scenario:

- a) the nature of the fire growth curve – how much fuel is burning, at what rate, and how does the burning rate change as a function of time;
- b) the nature of the fuel, its heat of combustion, smoke yield and toxic gas yields;
- c) the stage or stages of fire; e.g. well ventilated or vitiated, low or high temperature; and
- d) the volume into which the fire effluent is being dispersed.

With this information it is relatively simple to calculate various parameters (heat, oxygen depletion, smoke, toxic gas emission) as a function of time. It is then possible to calculate what reaction-to-fire properties the product would need to have in order for the consequences of the assumed fire to be acceptable.

It should be noted that this approach is not rigorous and involves many assumptions, but it is better than not using quantified data at all, which historically has often been the case.

If this approach is used to specify or regulate the reaction-to-fire properties of products, it is essential that the hypothetical fire scenario is explicitly defined, and that the assumptions made are justified.

An example of the use of a simple hypothetical fire scenario is given in Annex A.

6.4 Selection of criteria for acceptable fire scenario outcomes

The intent of this step is to select fire hazard assessment measures that will provide valid technical information sufficient to estimate and to make decisions concerning the product's contribution to the potential consequences of fire. The measures used fall into the following categories:

a) Direct life and property loss

If the contribution of the product to the potential consequences can be expressed in these terms, it is desirable to do so. It is rare, however, that this can be accomplished, since the capabilities of the occupants, or the equipment and property are seldom known with sufficient certainty that the outcome to the fire scenario can be forecast quantitatively.

b) Indirect method of characterizing the consequences of fire

It is often possible to relate a measured or calculated product property to an increase in one or more of the undesirable effects of the fire. For example, the heat release rate of the product may govern the temperature of the compartment and hence affect equipment operation and/or continued human occupation. The rate of release of smoke from a product may influence the available safe escape time. In this approach, the quantitative relationship between the undesirable effect of the fire and the properties of the product is identified, so that changes in the level of the undesirable effect can be traced to changes in properties.

c) Comparative methods

Even when it is not possible to express these relationships quantitatively it may be possible to relate the performance of a tested product to a reference level. For example, cables with a known heat release may be considered as providing an acceptably slow increase in temperature, even though the precise relationship is unknown. Then one measure of the relative hazard is the comparison of the heat release rate of the product with the reference level.

6.5 Performance requirements

The quantitative analysis should make explicit how the fire performance of the product, as measured by the test methods identified as appropriate, affects the outcome of the fire scenario. The assessment should specify all the steps required to set meaningful safety thresholds, or pass/fail criteria can be set by those responsible. For illustrations of how this can be done, see Annex A and Annex B.

6.6 Interpretation of test results

At this point, the consequences of a fire assessment procedure will have identified which parameters are to be used and how they are to be calculated, but the interpretation of the results may still pose additional technical questions.

- a) In a fire hazard assessment, one should specify the procedure to be used in calculating an overall comparison between products, or when compared to a baseline. This procedure might be a formula for calculating one overall measure from several, in which case, a scientific rationale will be presented for the formula. The procedure could be a set of decision rules, such as a rule that one product is better than another only if it is better in all measures.
- b) If more than one fire scenario has been used, it is necessary to specify the procedure to be used in making an overall fire hazard assessment. This procedure could be a formula or a set of rules, for example if the fire scenario can be assigned relative probabilities of occurrence, as in a fire risk assessment, this would be a basis for making the overall fire hazard assessment based on several fire scenarios.
- c) If the fire hazard assessment is not expressed directly in terms of death, injuries or monetary loss, guidance on the other quantitative units and measurements should be provided (e.g. available safe escape time, extent of flame spread, or the size of the fire).

6.7 Consequential testing

When considering the fire hazard of a part in an electrotechnical product, the results of a fire test may indicate that fire could spread to a neighbouring part or parts. Further tests may therefore be required on the neighbouring part or parts. This is known as consequential testing.

Such consequential testing may be avoided by:

- a) re-design of the product to separate the parts, or
- b) local enclosure of the tested part, or
- c) re-design of the tested part to increase its fire performance

7 Extent and limitations of the fire hazard assessment

In the course of the fire hazard assessment many shortcomings in existing data and knowledge will be encountered which force the user either to reduce the scope of the analysis or to proceed using estimated data and/or unverifiable assumptions. Since these considerations affect how future users apply any product standards resulting from the analysis, it is necessary that these considerations are documented with considerable care, especially when setting forth the nature of the products and the context of uses to which the products are put. The exact limits of the assessment are seldom apparent before the assessment is complete and so the originally defined products and context of use should be reviewed.

- a) Has the formulation of the fire scenario identified any products in the original scope, which do not fit the final analytical scheme?
- b) If so, can the fire scenario be modified to accommodate them, or must the product scope be adjusted to exclude them?

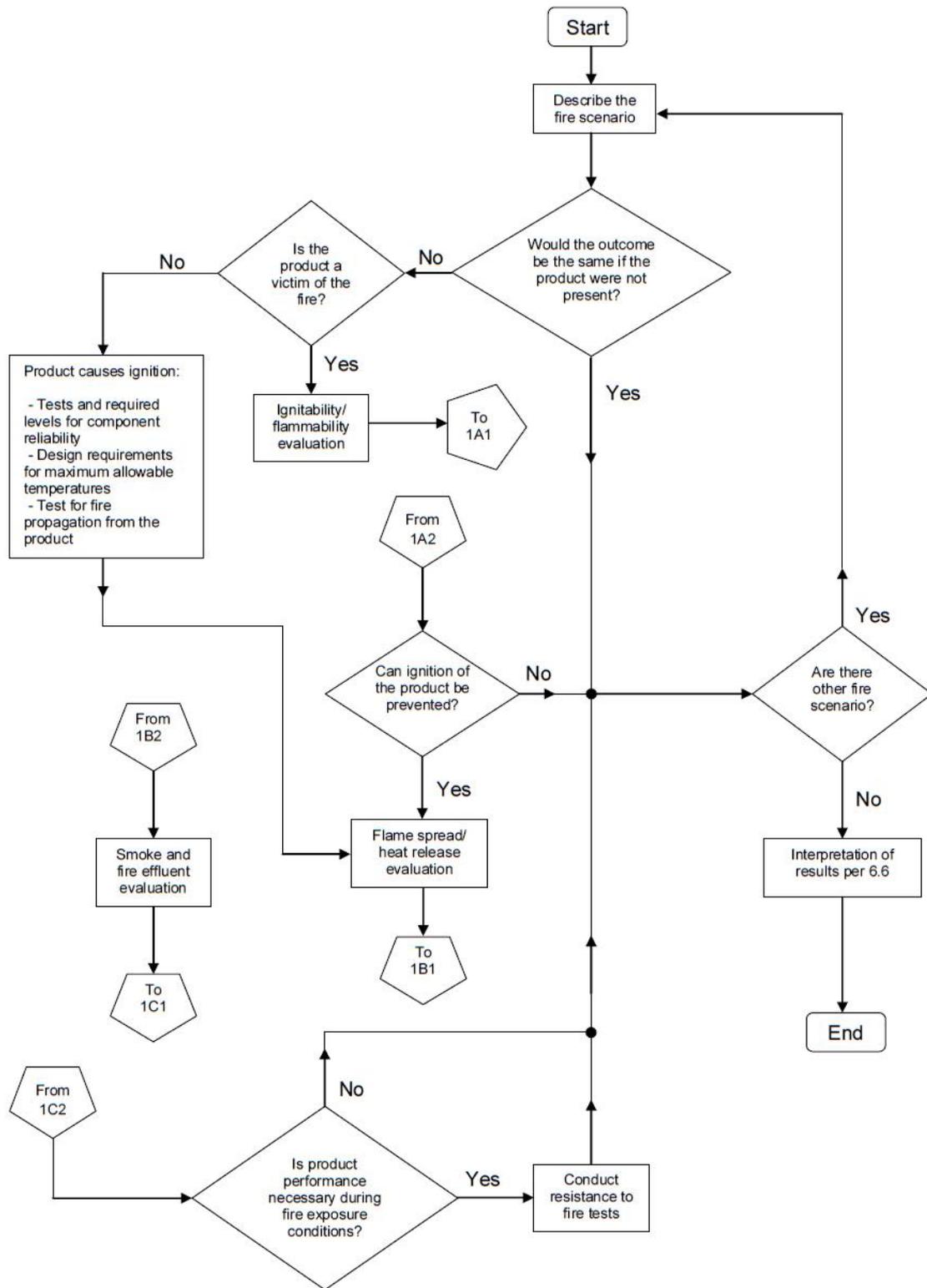
The trial description can be tested against a list of products that are potential candidates for inclusion in the fire hazard assessment by making use of the procedure outlined in Figure 5.

8 Fire test requirements and specifications

When preparing requirements and test specifications concerning fire hazard testing of products, it is suggested that the technical committees follow the procedures shown below.

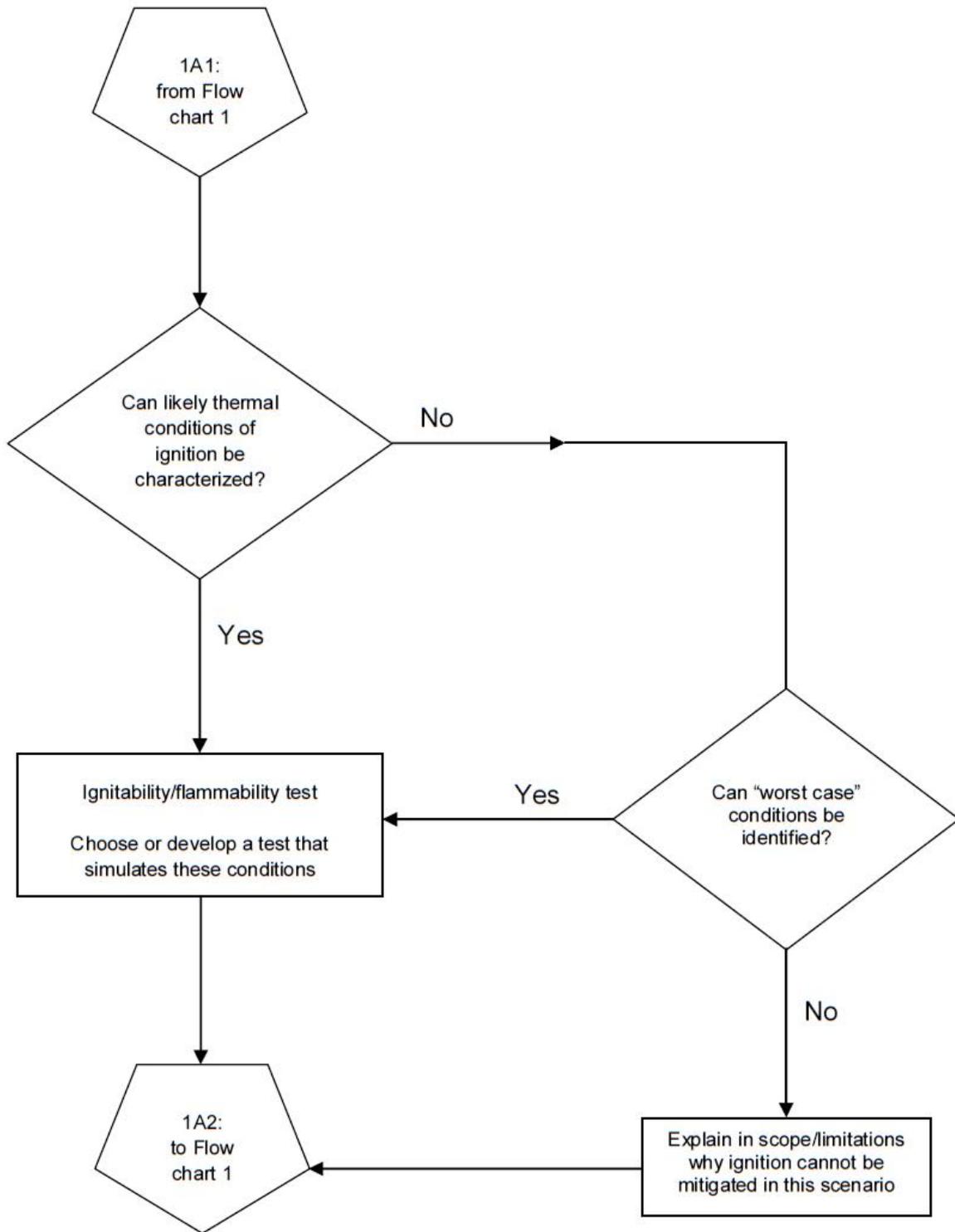
- a) Read and follow the guidance contained in this document.
- b) Examine appropriate test procedures developed for the parameter(s) of concern and consider their possible applicability and limitations. Reference to the following IEC publications will be helpful. They provide a summary and relevance of commonly used fire tests:
 - IEC 60695-1-21 (Ignitability) [1]
 - IEC/TS 60695-5-2 (Corrosion damage effects of fire effluent) [2]
 - IEC 60695-6-2 (Smoke obscuration) [3]
 - IEC 60695-7-2 (Toxicity of fire effluent) [5]
 - IEC 60695-8-2 (Heat release) [7]
 - IEC 60695-9-2 (Surface spread of flame) [8]
- c) Compare the relevant fire performance characteristics identified in the scenario analysis to the relevant scope and significance of the existing test procedures.
- d) If an existing test procedure appears suitable, check that:
 - 1) the test conditions finally adopted bear as close a relationship as possible to the environment which is being modelled or simulated,

- 2) the validity of the test data is related to the manner of use and installation of the product and its association with other products,
 - 3) the test procedure is acceptable as regards sensitivity, reproducibility and repeatability, and
 - 4) the test results are given in easily understood terms, parameters and units, giving a fully objective description. All indefinite, subjective and speculative phraseology should be avoided.
- e) If a new test procedure is to be developed, quantify the essential features as listed above. Further important features are the purpose of the test, the limitations of the test, the use of the information it provides and the ease of operation. In cases where fire tests are not yet specified and need to be developed or altered for the special purpose of an IEC technical committee, this should be done in close liaison with TC 89 as described in Clause 7 of IEC Guide 104:2010. Then prepare the standard for the test method, including the relevant information on its field of application, its limitations and reservations, and on the use of the test results obtained. Make reference in the standard to recommended test procedures wherever possible.



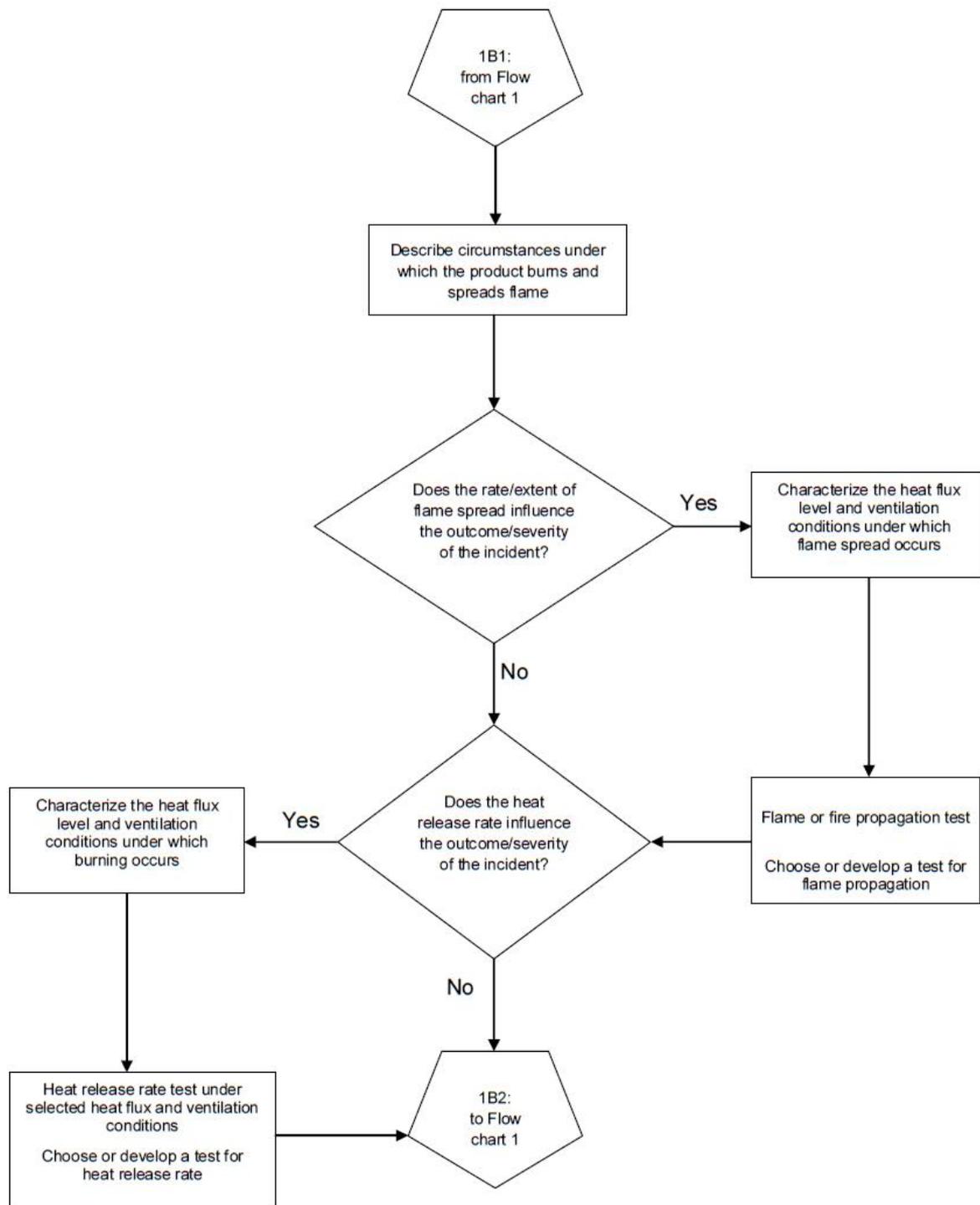
IEC

Figure 1 – Flowchart 1 for description of the fire scenario



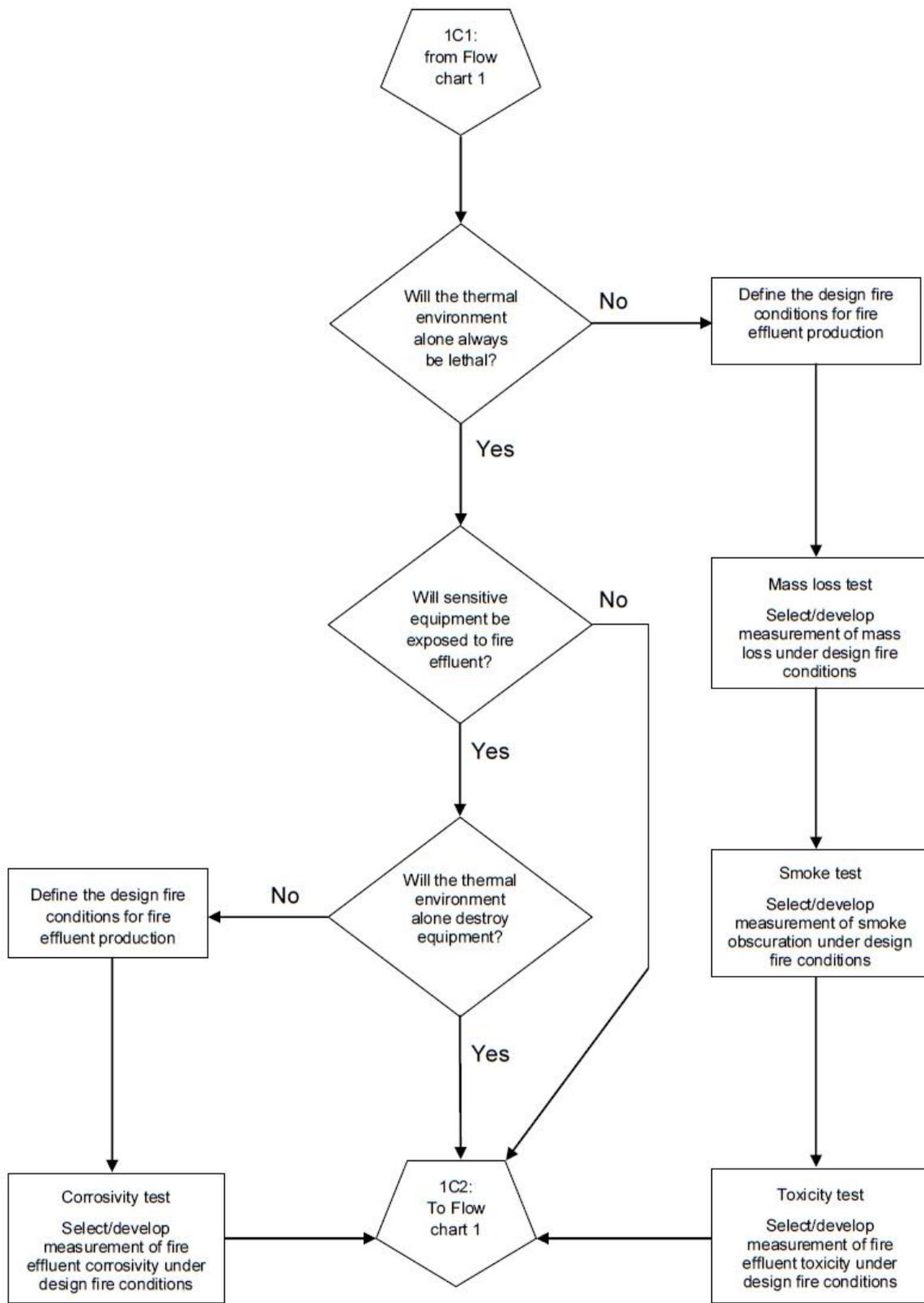
IEC

Figure 2 – Flowchart 1A for evaluation of ignitability/flammability



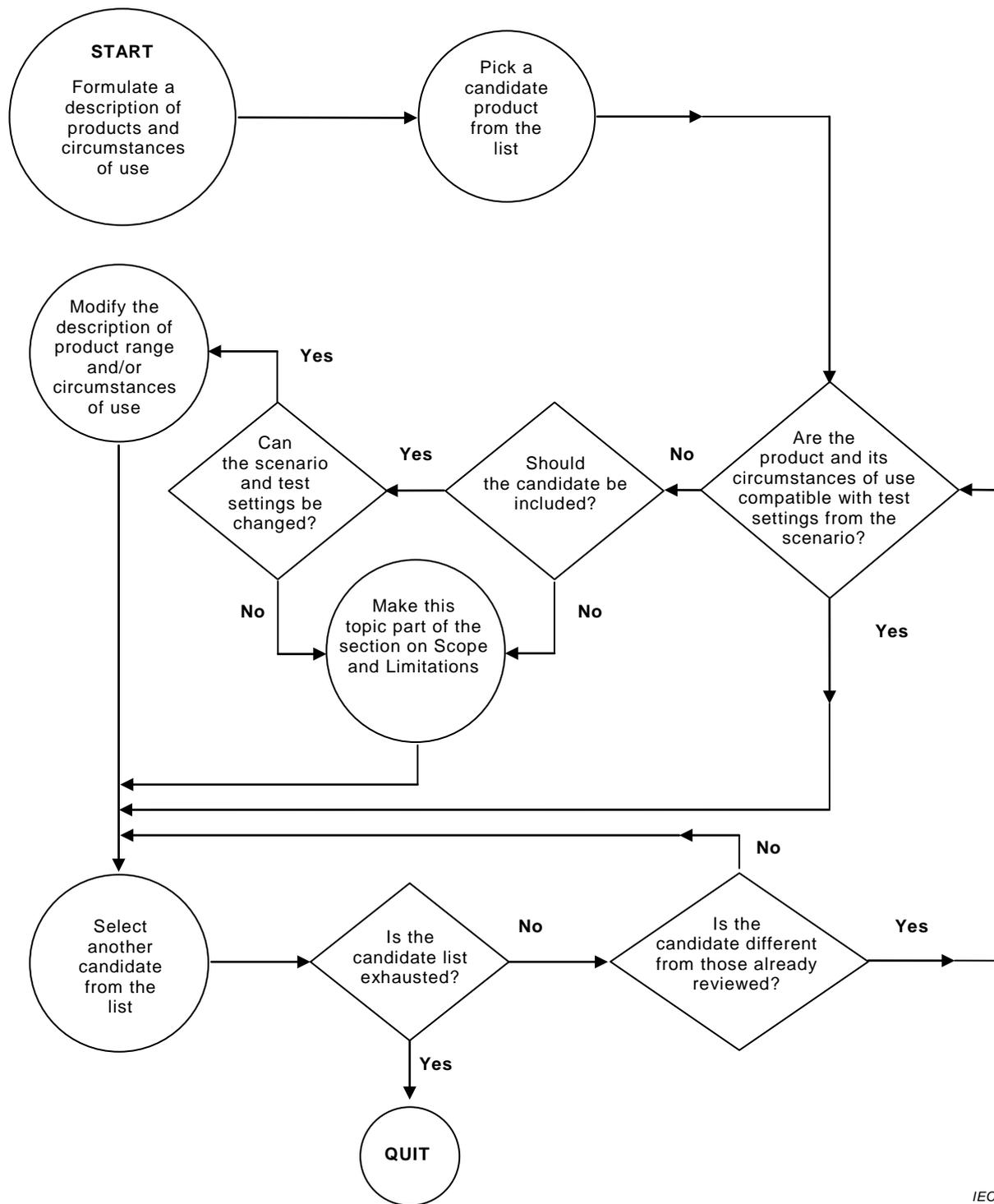
IEC

Figure 3 – Flowchart 1B for evaluation of flame propagation and heat release



IEC

Figure 4 – Flowchart 1C for evaluation of fire effluent



IEC

Figure 5 – Flowchart for description of the range of products and circumstances of use

Annex A (informative)

Calculation of acceptable toxic yield values for an electrical insulation material, based on a simple hypothetical fire scenario

NOTE In this fire hazard assessment, a model that predicts the incapacitating effect of toxic effluent is used. This model is described in IEC 60695-7-1 [4]. This differs from the mass loss model, based on lethality that is used in Annex B.

A.1 Definition of the fire scenario

At the least, six questions have to be answered in order to define the fire scenario. These are:

- a) What is burning?
- b) How much of it is burning?
- c) Into what volume is the fire effluent being dispersed?
- d) What is the nature of the fire growth curve?
- e) What escape time is available?
- f) What is the fire model – a high or low temperature, well ventilated or oxygen starved?

To see how this could work in practice, consider the following example:

Suppose the fuel is 0,5 kg of an electrical insulation material burning into a volume of 100 m³. The escape time is 15 min and the fire growth curve is assumed to be parabolic, i.e. it grows as a function of time squared. The fire model is high temperature and well ventilated.

A.2 Irritant fire effluent

A.2.1 *F* values

With irritant gases it has been found that incapacitation depends on the volume fraction of the gas, but not on the time of exposure.

F values are the volume fractions that will incapacitate. At lower values an exposed person may well be in some discomfort but should be able to act rationally in order to attempt to escape from a fire.

F values for the seven common fire gas irritants are given in Table A.1.

A.2.2 Equation for irritants

For the assumed fire scenario, in order for no one to be incapacitated, the following equation applies:

$$\sum \frac{y_i}{X_i} < 1 \quad (\text{A.1})$$

where

y_i is the toxic yield of irritant i from the electrical insulation material, measured in a toxicity test at high temperature and high ventilation, and

the X_i values are calculated from the irritant F values and the parameters of the defined fire scenario. They are given in Column 3 of Table A.1.

NOTE “< 1” applies to a population of healthy adults. A lower number might be appropriate to take into account the young, old and disabled.

Table A.1 – Irritant F values and calculated X values for the defined fire scenario

Irritant	F value $\times 10^6$	X / $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$
Acrolein	30	14
Sulphur dioxide	150	78
Formaldehyde	250	61
Nitrogen dioxide	250	94
Hydrogen fluoride	500	82
Hydrogen bromide	1 000	661
Hydrogen chloride	1 000	298
NOTE F values are as given in ISO 13571 [13].		

Acceptable toxic yield values for the electrical insulation material will therefore be such that equation A.1 is satisfied, using the X values given in Table A.1.

If a different scenario is assumed, then the X values will be different.

A.2.3 Calculation of the X_i values

The X_i values are calculated from the F values as follows:

$$X = (V/m) \times \rho \times F \quad (\text{A.2})$$

where

V = the dispersal volume (100 m³)

m = the mass of fuel burned (500 g)

ρ = the density (at standard temperature and pressure) of the toxic gas

A.3 Asphyxiant fire effluent

A.3.1 Exposure dose

The two important asphyxiants in fire effluent are carbon monoxide and hydrogen cyanide. With asphyxiants the effects are different from irritants. Incapacitation depends on exposure dose, which is a combination of volume fraction and time of exposure.

A.3.2 Equation for asphyxiants

To achieve a good approximation, the equation for asphyxiants is as follows:

$$\frac{y_{\text{CO}}}{X_{\text{CO}}} + \left(\frac{y_{\text{HCN}}}{X_{\text{HCN}}} \right)^3 < 1 \quad (\text{A.3})$$

where

y_{CO} and y_{HCN} are the toxic yields of carbon monoxide and hydrogen cyanide from the electrical insulation material, measured in a toxicity test at high temperature and high ventilation, and

the X_{CO} and X_{HCN} values are calculated as shown in A.3.3 and A.3.4. They are given in Table A.2.

The cubed term is because of the non-linear effects of hydrogen cyanide (see 4.3.2 of IEC 60695-7-1:2010).

NOTE “< 1” applies to a population of healthy adults. A lower number might be appropriate to take into account the young, old and disabled.

Table A.2 – Asphyxiant X values calculated for the defined fire scenario

Asphyxiant	$X / \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$
Carbon monoxide	2 140
Hydrogen cyanide	50

Acceptable toxic yield values for the electrical insulation material will therefore be such that equation A.3 is satisfied, using the X values given in Table A.2.

If a different scenario is assumed, then the X values will be different.

A.3.3 Calculation of X_{CO}

With carbon monoxide the critical value which will incapacitate is an exposure dose of 3,5 % × 1 min (= 0,035 min).

This means, for example, that one would be incapacitated by 3,5 % CO for 1 min, or 0,35 % CO for 10 min, or 0,1 % CO for 35 min.

In a fire, the volume fraction of any toxic gas is not constant but varies with time, so the exposure dose is found by integration with respect to time. It is the area under a volume fraction versus time curve.

The fractional effective dose, FED , is then calculated by dividing the exposure dose by the critical value of 0,035 min.

If the FED is less than unity, then one is still considered able to attempt escape. But if the FED is greater than unity, then one is considered to be incapacitated.

In the defined fire scenario, with the t^2 fire growth curve, $V = 100 \text{ m}^3$, and $m = 500 \text{ g}$; the volume fraction of CO (ϕ_{CO}) at time t is given by the following equation:

$$\phi_{CO} = [(4/2 \ 700) \text{ g} \times \text{m}^{-3} \times \text{min}^{-3}] \times [(y / \rho)] \times t^3 \tag{A.4}$$

where

y = the toxic yield of carbon monoxide for the electrical insulation material, and

ρ = the density (at standard temperature and pressure) of carbon monoxide ($1 \ 144 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$).

The exposure dose (ED) is calculated by integration between $t = 0$ and $t = 15 \text{ min}$, which gives the following equation:

$$ED = [18,75 \text{ g} \times \text{m}^{-3} \times \text{min}] \times (y / \rho) \tag{A.5}$$

The X_{CO} value is the toxic yield that would give an FED of unity, and is calculated as follows:

$$X_{\text{CO}} = \rho \times F' / (18,75 \text{ g} \times \text{min} \times \text{m}^{-3}) = 2 \text{ 140 mg} \cdot \text{g}^{-1} \quad (\text{A.6})$$

where F' is the critical value for carbon monoxide (0,035 min).

A.3.4 Calculation of XHCN

The effect of hydrogen cyanide is different from that of carbon monoxide. The effect is still dependent on both the volume fraction and the time of exposure, but the response is highly non-linear. At 0,01 % HCN the incapacitation time is about 21 min, but above 0,04 % HCN incapacitation would be almost instantaneous. Some incapacitation times are given in Table A.3.

Table A.3 – Incapacitation times for hydrogen cyanide

Volume fraction of HCN	Incapacitation time
0,005 %	69 min
0,01 %	21 min
0,015 %	6,7 min
0,02 %	2,1 min
0,03 %	12 s
> 0,04 %	almost instantaneous

Because of this non-linearity, calculation of the FED is different.

In the defined fire scenario, with the t^2 fire growth curve, $V = 100 \text{ m}^3$, and $m = 500 \text{ g}$; the volume fraction of HCN (ϕ_{HCN}) at time t is given by the following equation:

$$\phi_{\text{HCN}} = [(4/2 \text{ 700}) \text{ g} \times \text{m}^{-3} \times \text{min}^{-3}] \times [(y / \rho)] \times t^3 \quad (\text{A.7})$$

where

y = the toxic yield of hydrogen cyanide from the electrical insulation material, and

ρ = the density (at standard temperature and pressure) of hydrogen cyanide ($1 \text{ 104 g} \times \text{m}^{-3}$).

For volume fractions below 30×10^{-6} the following formula is used,

$$FED = \sum_{t_1}^{t_2} (304,4 \text{ min}^{-1} \times \phi_{\text{HCN}}) \times \Delta t \quad (\text{A.8})$$

and for volume fractions above 30×10^{-6} the following formula is used

$$FED = \sum_{t_1}^{t_2} \frac{\exp(\phi_{\text{HCN}} / 4,3 \times 10^{-5})}{220 \text{ min}} \times \Delta t \quad (\text{A.9})$$

where

$t_1 = 0 \text{ min}$ and $t_2 = 15 \text{ min}$

The calculation of the FED is best done using a computer spreadsheet program using an initial value for the toxic yield of HCN of $1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$. Then different toxic yield values are input

to the spreadsheet to find which value results in a *FED* equal to the critical value, i.e. giving an *FED* = 1. This value is X_{HCN} , and in this fire scenario it turns out to be 50 mg.g⁻¹.

NOTE A computer spreadsheet program such as Excel has been found to be suitable.

A.4 Carbon dioxide

Carbon dioxide does not act as a toxicant but as a gas that causes hyperventilation and therefore it increases the effects of the asphyxiants, carbon monoxide and hydrogen cyanide.

If the volume fraction is greater than 2 % an exponential multiplying factor, *M*, is applied to the volume fractions of carbon monoxide and hydrogen cyanide, before calculation of the exposure dose.

$$M = \exp(\phi_{\text{CO}_2} / 0,05) \tag{A.10}$$

Table A.4 shows what this would mean in practice.

Table A.4 – Multiplication factors for carbon dioxide

Volume fraction of CO ₂	<i>M</i>
< 2 %	1
2,5 %	1,65
3 %	1,82
3,5 %	2,01
4 %	2,23

However, for most fire scenarios this is unlikely to apply. In a volume of 100 m³, about 1 kg of carbon would have to burn completely to CO₂ to give a volume fraction of 2 %. So for most fire scenarios, including this one, CO₂ can be ignored.

A.5 Conclusions

For irritants, equation A.1 applies with the X_i values as given in Table A.1.

For asphyxiants, equation A.3 applies with the X_{CO} and X_{HCN} values as given in Table A.2.

Carbon dioxide does not need to be considered.

Annex B (informative)

Use of rigid plastic conduit – A fire hazard assessment

B.1 General

Rigid Plastic Conduit (RPC) is an electrotechnical product that is used in public buildings worldwide. The materials specified for the manufacture of RPC are required to have good resistance to ignition, and very limited flame spread, and hence are more likely to be the victim of a fire than to be instrumental in its origin.

RPC may be a source of heat, smoke and toxic gas. Fire hazard assessment techniques as described in this standard provide a means of quantifying the incremental contribution of such products to the overall undesired consequences of the assumed fire.

This annex is a specific illustrative example of the fire hazard assessment techniques described in this standard as applied to a hypothetical installation of RPC. It quantifies the contributions of such plastic conduit when exposed to the fire conditions that might arise in an interior corridor and alcove situation. Mathematical room fire modelling is used to predict the thermal conditions that RPC might encounter. These thermal conditions, along with published fire properties of RPC and other building contents, can then be used to estimate their contributions to the overall undesired consequences of the assumed fire.

B.2 Terms and definitions

For definitions related to rigid plastic conduit and the wiring it contains, see IEC 61386-21 [9]. Additional definitions applicable to this Annex are to be found in Clause 3. For the purposes of this Annex, the following terms and definitions also apply:

B.2.1

exposure fire

fire producing the thermal conditions to which the conduit is exposed (also called the source fire)

B.2.2

fuel(s)

any products or materials that are burned

B.3 Products covered by this fire hazard assessment

The products evaluated in this Annex are those meeting IEC 61386-21 [9] and having an outer diameter no larger than 25 mm.

B.4 Circumstances of use

B.4.1 Conduit and wiring

B.4.1.1 General

The number of circuits, and hence the amount of RPC, can vary for different buildings and installations.

B.4.1.2 Location and amount of conduit

This example is for the use of a single run of RPC in a typical building floor plan. A schematic diagram appears in Figure B.1. A typical set of circuits is contained in a single piece of 25 mm conduit running down a corridor, from which lateral runs enter the rooms. In a corridor 30 m long, this is equal to 21 kg of conduit and fittings. The presence of the conduit and fittings contributes to the fire load in the building.

Conduit in or over the rooms off the corridor is not considered in this analysis because the conduit must penetrate a fire wall to leave the corridor. The same applies in reverse as well; fire beginning in a room must penetrate a wall or fire door to enter the corridor.

B.4.1.3 Wiring inside conduit

For the purpose of this illustrative example, it is assumed that the wires within the plastic conduit are protected from the thermal effects of the fire until the conduit has effectively been burned away, which occurs after the period of interest. Thus, the effects of the wiring are not considered in detail.

B.4.2 Building construction

This analysis is confined to buildings constructed of non-combustible materials. The thermal properties of the building walls and ceilings have a major influence on the effects of the fire. The most common type is concrete or masonry, although gypsum-sheathed construction is also employed. Calculations were carried out for both types of construction. A typical situation would be gypsum lining of the corridor up to normal ceiling height, but with the upper portion of the corridor having a finish of masonry, concrete, or similar material that can absorb a large quantity of heat. In such cases, the fire conditions would be somewhere between those presented for totally concrete/masonry and totally gypsum-lined corridors.

B.5 Fire scenarios

The conditions chosen as the prototypical fire scenario for the exposure of RPC to a developing fire are summarized in Table B.1. Fires typically begin when a small ignition source, such as a discarded cigarette or defective electrical connection, ignites a substantial source of fuel. In this case the exposure fire was chosen to typify the burning of furniture (see Table B.1). The fire on the furniture (the exposure fire), grows rapidly and reaches a peak of 3,0 MW, filling the upper part of the corridor and alcove with hot effluent. All of the conduit is exposed to the hot layer, and that in the vicinity of the fire is also exposed to flame radiation. The effluent from the conduit and the exposure fire is mixed, and the character of the resulting effluent is evaluated.

Table B.1 – Summary of fire scenario information

Compartment		
Site:	Interior corridor and inner alcove	
Dimensions:	Corridor: 30,1 m × 2,4 m × 3,0 m Alcove: 4,3 m × 4,3 m × 3,0 m	
Wall lining:	Concrete block	Gypsum wall board
Wall thickness:	100 mm	16 mm
Exposure fire (furniture) – Source of fire		
Location:	In alcove at middle of corridor	
Intensity profile:	300 kW at 100 s 3,0 MW at 200 s 3,0 MW at 275 s 300 kW at 450 s 100 kW at 1 200 s	
Fuel properties:	Flexible cushioning Mass: 42 kg Effective heat of combustion: 20 MJ/kg Toxic potency of smoke: 810 mg × min/l Specific smoke extinction area: 580 m ² /kg	
Conduit * – Victim of fire		
Length:	45,5 m	
Diameter:	25 mm outer	
Fuel properties:	Unfilled thermoplastic Mass: 21,3 kg (includes allowance for 2,2 kg of connectors and boxes) Effective heat of combustion: 16 MJ/kg Toxic potency of smoke: 840 mg × min/l Specific smoke extinction area: 690 m ² /kg	
* Wire properties not included (see B.4.1.3).		

B.6 Relevant fire behaviour

B.6.1 General

Almost all of the heat energy is provided by the exposure fire. The spatially averaged thermal conditions (temperature and heat flux) in the hot upper layer from this fire can be estimated from fire models using the heat release profile of the exposure fire and the thermal properties of the corridor. The decomposition (mass loss) rate of the conduit when it is exposed to the thermal conditions in the corridor can be obtained from the model's estimate of heat flux, coupled with laboratory measurements of conduit decomposition rate as a function of imposed heat flux. Once the rate of mass loss of the conduit and the other burning objects are known, their relative contribution to the fire effluent can be assessed. (The contribution from the wire in the conduit was not considered.)

B.6.2 Modelling the exposure fire

To calculate fire conditions in the corridor from the exposure fire, a modified version of the computer-based fire code HARVARD V [22] was employed. This model is one of a number of similar documented means for the simulation of a developing room fire, called "zone models", which treat the fire as divided into three separate homogeneous zones: the fire plume; the

buoyant hot upper layer and the relatively cool lower layer. The Harvard code used calculates the radiant flux striking a target on the wall in the upper layer. To take account of the effect of the flame radiation on the conduit close to the fire, the conduit was divided into fifteen segments of equal length (each about 2 m long) and the radiation from the flame to the centre of each segment was calculated, and this value was added to the flux received by the conduit from the upper layer. The conduit near the fire, i.e., within 2 m, received significant flame radiation; the balance of the conduit received radiation almost exclusively from the upper layer. Two calculations were carried out: one for a corridor lined with 16 mm thick gypsum board and one for 100 mm thick concrete block. The average temperature of the upper layer due to the exposure fire is shown as a function of time in Figures B.2 and B.3. Both the average upper layer temperature and the associated radiant heat load to the conduit (see Figures B.4 and B.5) were significantly higher for the gypsum board lining than for the concrete.

B.6.3 Predicting mass loss of the conduit

Figures B.6 and B.7 show the comparative mass loss rates of the furniture and the conduit for fires in corridors lined with concrete and gypsum wallboard, respectively. The heat flux reaching the conduit, shown as Figures B.4 and B.5, was used in conjunction with the conduit mass-loss rate data to construct mass-loss rate curves appearing in Figures B.6 and B.7. The conduit near the exposure fire is completely destroyed in the course of the fire which causes the mass loss rate to decline somewhat as the fire proceeds.

As inspection of Figures B.6 and B.7 shows, the conduit is predicted to continue losing mass throughout the time interval studied. The mass loss rate decreases only when a segment is burned out and only returns to zero if all the conduit is completely consumed. In fact, the flux in the upper layer of the corridor would be expected to decline once the furniture has burned out and the conduit would certainly stop burning as the imposed flux is reduced. The net result is that the mass loss rate of the conduit in Figures B.6 and B.7 is overstated, especially after about 800 s when there is little externally-applied radiant heat flux left to support its decomposition.

B.7 Results

B.7.1 Comparative of fires with and without RPC

The RPC analysed can be ignited but, in order to keep burning once ignited, it generally requires heat from another source such as the exposure fire. For this reason, the RPC is viewed in this analysis as burning only if the exposure fire is burning as well. The comparison to be made is therefore between the consequences of the fires with and without the RPC.

B.7.2 Assessment of the contribution of RPC to temperature rise

The conduit did not begin to contribute to the temperature rise until it ignited. This occurred at about 250 s (see Figures B.6 and B.7). By this time, the temperature of the hot upper layer of fire effluent exceeded 300 °C (see Figures B.2 and B.3), and the layer had nearly filled the room and corridor. This temperature would be immediately lethal to victims exposed.

The heat release rate of the RPC at 300 s is 100 kW to 150 kW, which is 3 % to 5 % of the total fire intensity. The difference in temperature produced by this small increment is about 3 °C, which has virtually no impact on the severity of thermal conditions.

B.7.3 Assessment of the contribution of RPC to smoke production

Visibility through smoke is diminished by its light scattering and attenuating characteristics. An approximate relationship is given by:

$$D(t) \approx \frac{3V}{M_f(t)\sigma_f + M_c(t)\sigma_c}$$

where

- $D(t)$ is the approximate distance in metres (m) from which reflected light is visible at time t ;
 V is the volume of corridor and alcove in cubic metres (m³);
 $M_f(t)$ is the mass of furniture in kilograms (kg) lost (burned) at time t ;
 $M_c(t)$ is the mass of conduit in kilograms (kg) lost (burned) at time t ;
 σ_f is the specific extinction area of smoke from furniture in square metres per kilogram (m²/kg);
 σ_c is the specific extinction area of smoke from conduit in square metres per kilogram (m²/kg).

The values of $M_f(t)$ and $M_c(t)$ are available by integrating the curves in Figure B.6 or B.7 from zero to any desired value of t . The specific extinction areas are taken from Table B.1.

It is informative to calculate $D(t)$ at 250 s, a point in the fire where the RPC is just beginning to contribute to the smoke. Doing so yields a result of 0,09 m. Sight-aided escape requires that visibility be of the order of several metres. Thus, for purposes of escape, vision is virtually blocked by the smoke from the burning furniture alone before the RPC becomes involved in the fire, and sight-directed escape is already impossible. The smoke subsequently generated, whether by the RPC or the furniture, has little impact on the hazard from obscuration by smoke that has already reached an unacceptably high level.

B.7.4 Assessment of the contribution of RPC to the production of toxic effluent

In this fire hazard assessment a model that predicts the lethality of toxic effluent was used. The *FED* (fractional effective dose) mass loss model described in 5.2.5 of IEC 60695-7-3:2011 [6] was employed.

NOTE This differs from the more complex incapacitation model that was used in Annex A.

The total *FED* sums up the contributions of the various burning objects to assess overall toxic conditions.

Total *FED* = contribution of furniture + contribution of conduit:

$$TotalFED = \frac{\int_0^t M_f \times dt}{V \times LCt_{50f}} + \frac{\int_0^t M_c \times dt}{V \times LCt_{50c}}$$

where

- Total *FED* is the fraction of a lethal smoke dose which those exposed would experience at time t ;
 V is the volume of the corridor and alcove;
 M_f, M_c is the mass of furniture lost (burned) to time t and the mass of conduit lost (burned) to time t , respectively;
 LCt_{50f}, LCt_{50c} is the lethal dose of smoke, determined by toxic potency test measurements, derived from the furniture and conduit respectively.

M_f and M_c are obtained by integrating the mass loss rate curves for the furniture and conduit shown in Figures B.6 and B.7. The values used for toxic potency were obtained using the NBS toxicity test [23]. Figures B.8 and B.9 show the increase of toxicity dose *FED* as a

function of time for concrete and gypsum walls constructions. In both cases the toxic dose reaches a value of unity, denoting the death of those exposed, at about 600 s.

Table B.2 – Time of occurrence of highly hazardous conditions in building corridors

Hazard	Gypsum walls – time in s	Concrete walls – time in s
Lethal temperature ¹⁾	190	220
Lethal toxicity ²⁾	600	600
No visibility through smoke ³⁾	150	150
¹⁾ Upper layer ≥ 1 m deep and ≥ 300 °C ²⁾ <i>FED</i> = 1,0 ³⁾ Upper layer ≥ 1 m deep and visibility ≤ 1,0 m		

Table B.2 lists the times at which conditions would occur which would prevent escape: lethal temperature or lethal toxicity of the fire effluent. Also shown is the time at which the smoke is effectively opaque, thereby blocking sight-directed escape. Occupants must have left the corridor by 190 s to 220 s after ignition in order to avoid succumbing to the elevated temperature. It could be argued, in fact, that evacuation should be complete by 150 s in order to avoid being trapped in the densely smoky environment.

As can be seen from Figures B.8 and B.9, when a lethal *FED* (i.e., *FED* equal to unity) is reached at 600 s, the contribution from the conduit is still very small. After 1 200 s, or 20 min, the conduit has contributed about 7 % to the *FED* in the case of concrete walls and about 23 % in the case of gypsum walls. Thus, the contribution of the conduit to the production of toxic effluent is small throughout the period of study, and only becomes significant at well after those exposed have already received a lethal effluent dose from the burning furniture, and even further after thermal conditions have reached lethality.

B.8 Interpretation of results – Significance and precision

Although there are many potential variations on the corridor fire scenario described above, it can be shown that reasonable alternative hypotheses produce results which are similar to those presented, or represent situations in which the consequences of the fire would be less harmful than those presented here. The first variation deserving attention is the likelihood that the fire would occur in a smaller space than the 30 m corridor postulated. In such a case, the temperature in the upper layer would be hotter, leading to more rapid decomposition of the conduit. At the same time, however, the smoke from the burning furniture would be correspondingly more concentrated, and death would occur even earlier than the 10 min predicted in the present fire scenario. In the corridor studied, temperatures reached a lethal level, 300 °C in approximately 200 s, or 3,5 min, after ignition. A faster temperature rise, such as would be experienced in a smaller compartment, would lead to even earlier thermal death. The same is true of toxicity. Therefore, it is difficult to see how a smaller room would materially change the cause of death for those unfortunate enough to be exposed to such a fire.

Similar arguments apply if, instead of beginning in the corridor, the fire originates in a room served by the corridor. In such a case flashover could occur, but the amount of conduit added by what is in the room (approximately 1,3 m) is negligible. The conduit in the corridor would be exposed to hot gases issuing from the room, with corresponding decomposition. However, the doorway to the room would restrict the fire size to about the same as that for free burning furniture in the corridor [24], so that the thermal conditions in the corridor would not be appreciably different from those calculated in the present exercise. The increased fuel load in the room would allow the fire to continue longer than that due to a single piece of furniture in the corridor, but the toxic effects of such a fire would also be far worse, since the room fuel

would continue to be generated throughout the fire duration, where it now lasts only about 500 s. One may expect that the conduit, here treated as exposed, will actually often be concealed, protected either by a wall or ceiling finish. Such circumstances have already been addressed [25] and it was found that protection delays involvement of the conduit until well after conditions have become dominated by the room fire.

Although the techniques applied here are now well-documented, fire hazard assessment remains a relatively new field and the final result is no better than the tests and assumptions on which the method relies. No consensus exists on the right method of determining toxic potency and different methods often give different results. In the present case, data from the NBS smoke toxicity test [23] were employed, but the same techniques can be used with toxic potency data from other tests. When the same exercise that produced Figures B.8 and B.9 is repeated using LCt_{50} data from a different test [25], [26], the predicted time of lethality is 500 s, as opposed to 600 s using the original data. Again, this is before the conduit is involved. In view of the large uncertainties in any toxic potency test, it seems unlikely that the differences observed are significant, especially in actual fires.

This analysis was carried out as if many modern fire safety features did not exist, so it yields more severe conditions than would be likely in a real case. In particular, the analysis proceeds under the following assumptions (many of which are usually contrary to fact):

- no automatic sprinklers or other suppression devices are present to arrest a developing fire at an early stage;
- no detection devices are present to ensure early warning of the fire;
- there is no restriction on the heat release rate or fire load of items used as building contents;
- the RPC is assumed to be installed where it is directly exposed to the fire, despite the fact that it is often installed behind gypsum board or some similar barrier.

B.9 Conclusions

Applying the methods of this standard to RPC leads to the following conclusions:

- a) a severe fire is required to involve appreciable quantities of the conduit;
- b) in the fire scenarios studied, the exposure fire itself is sufficient to cause death before the conduit itself becomes involved if anyone is exposed unprotected to its effects;
- c) even if the conduit does not stop burning by itself after the exposure fire is exhausted, it contributes only a small fraction of the total toxic burden to those exposed.

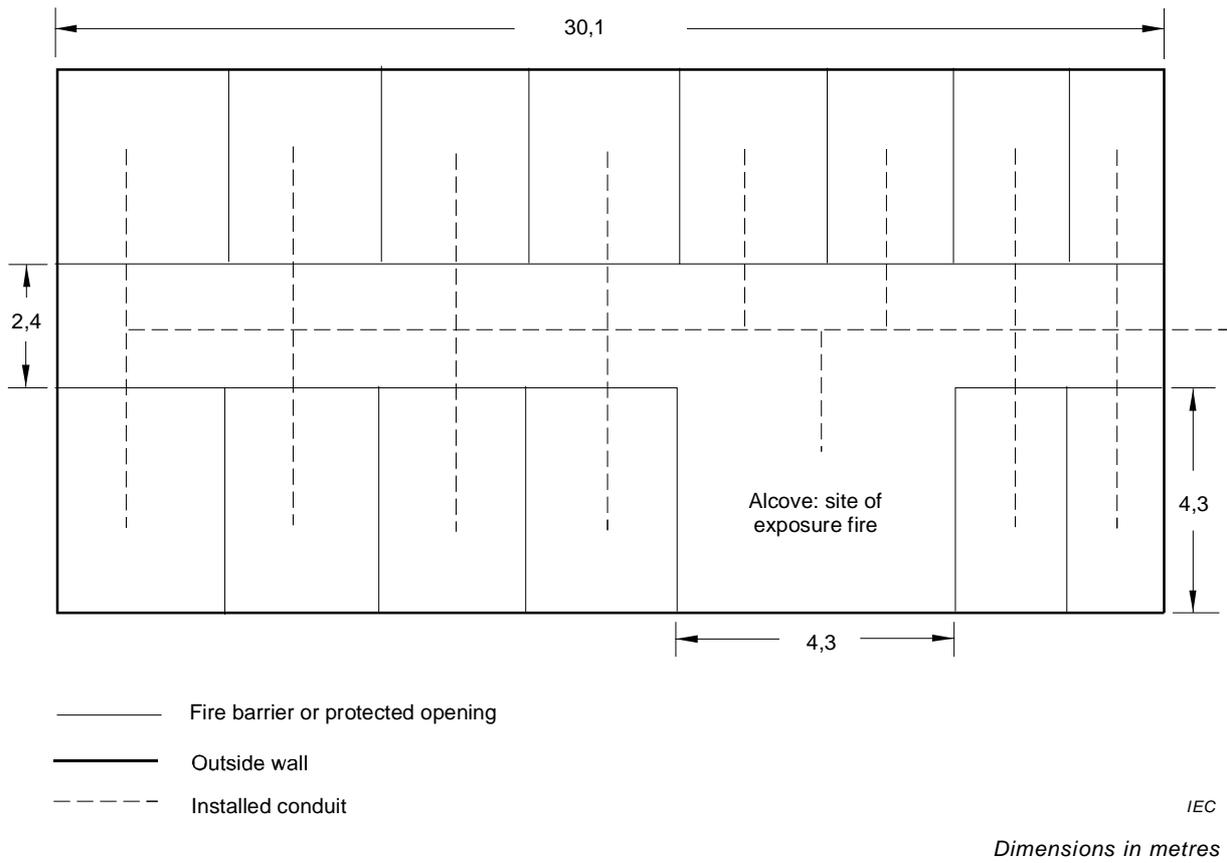


Figure B.1 – Schematic of conduit installation

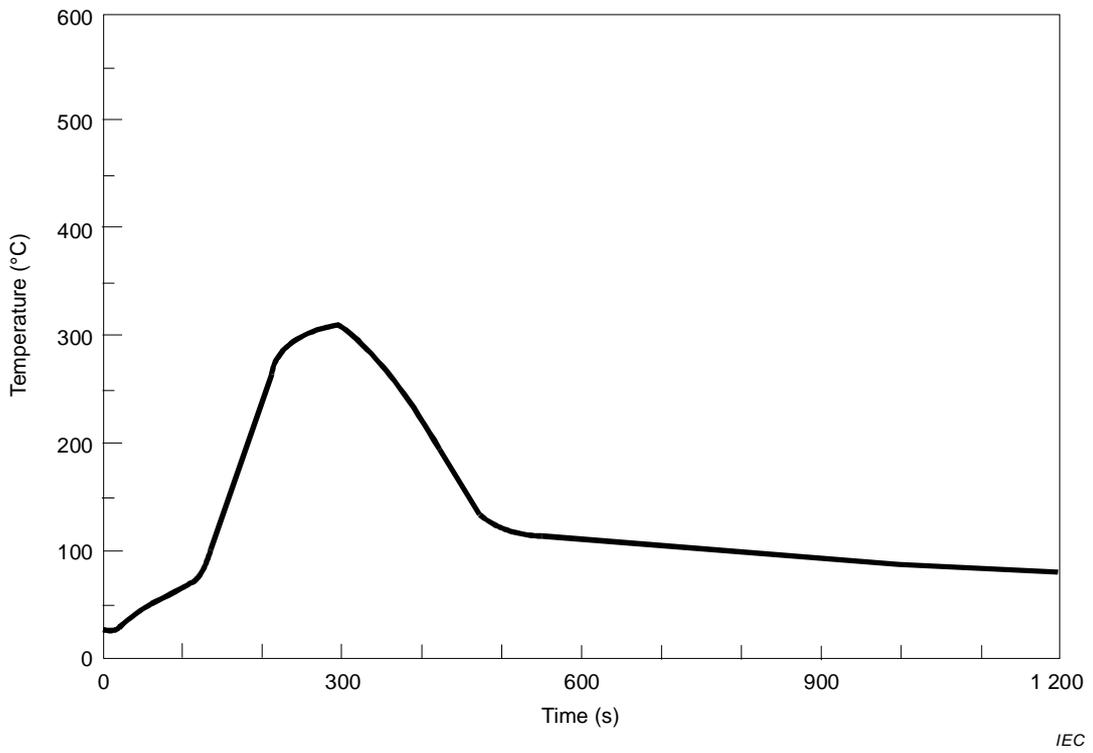


Figure B.2 – Corridor upper layer temperature (concrete wall)

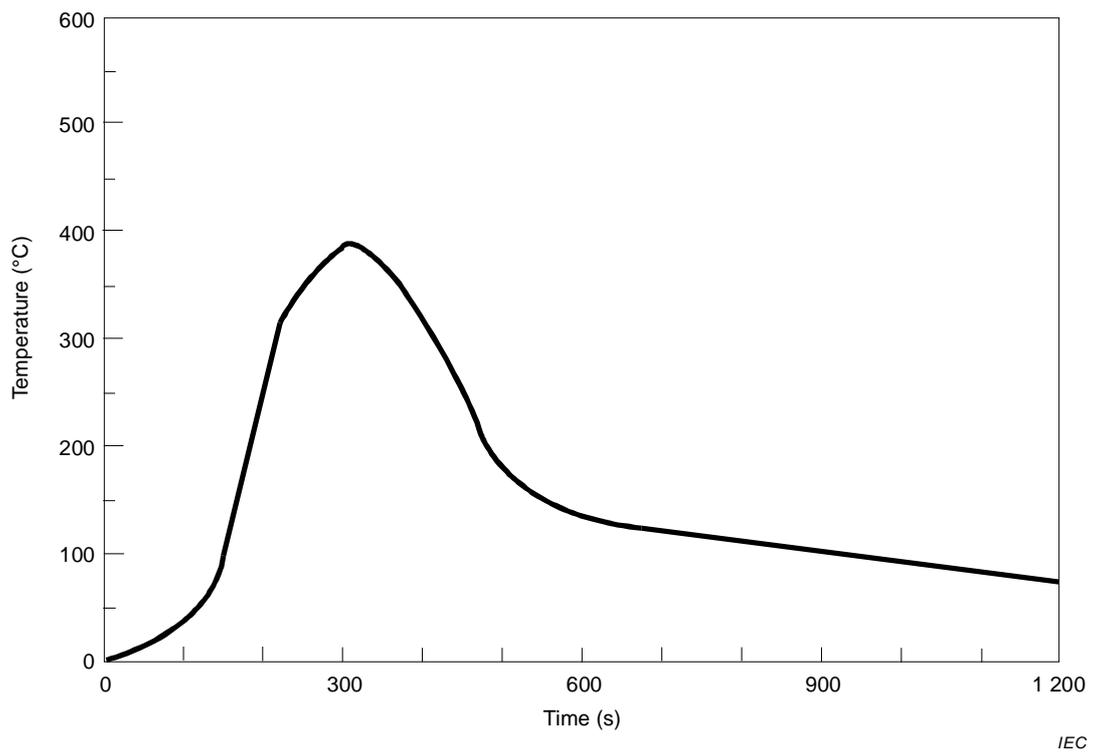


Figure B.3 – Corridor upper layer temperature (gypsum wall board)

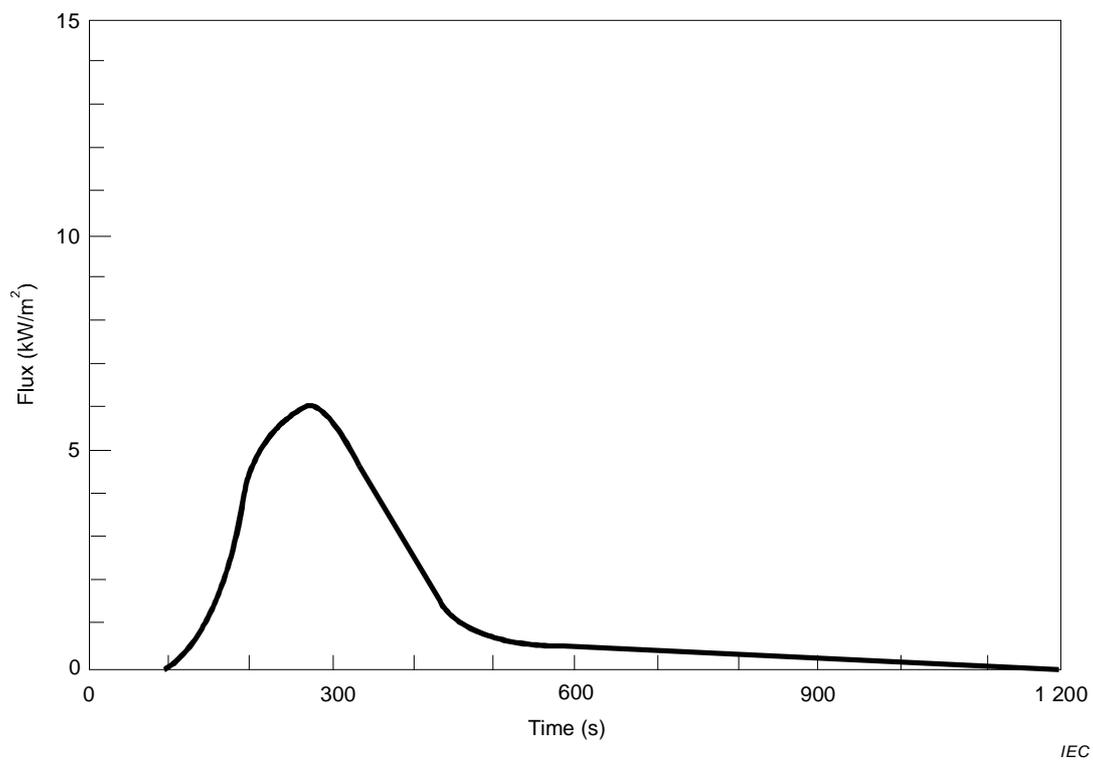


Figure B.4 – Flux measured at the conduit 2 m away (concrete wall)

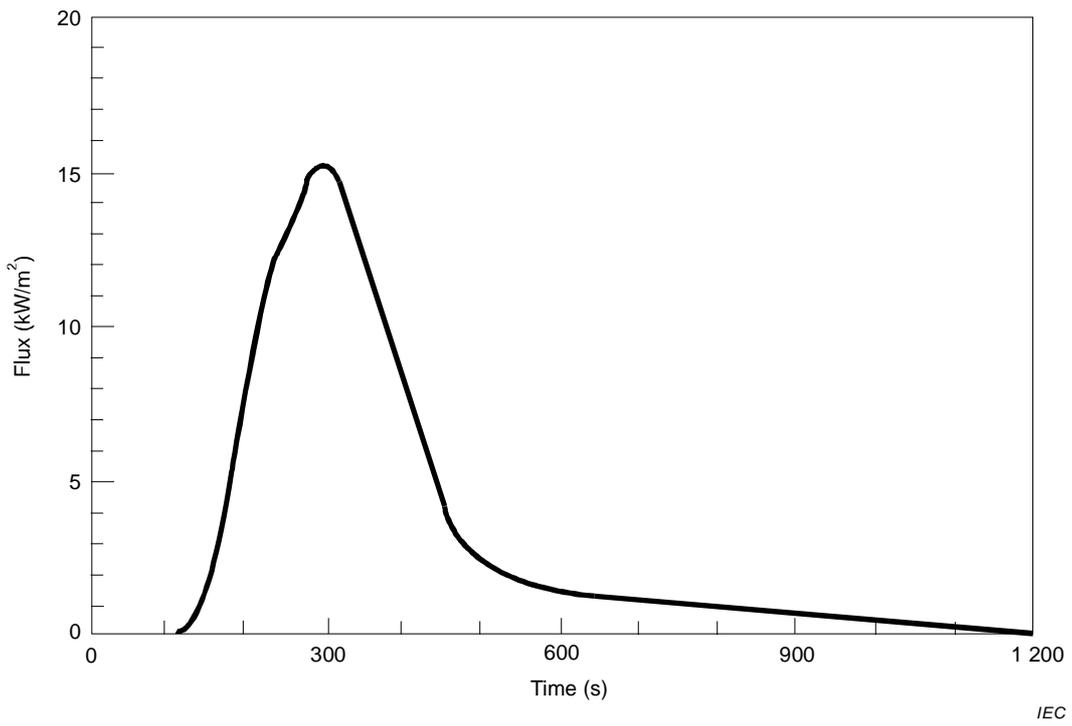


Figure B.5 – Flux measured at the conduit 2 m away (gypsum wall)

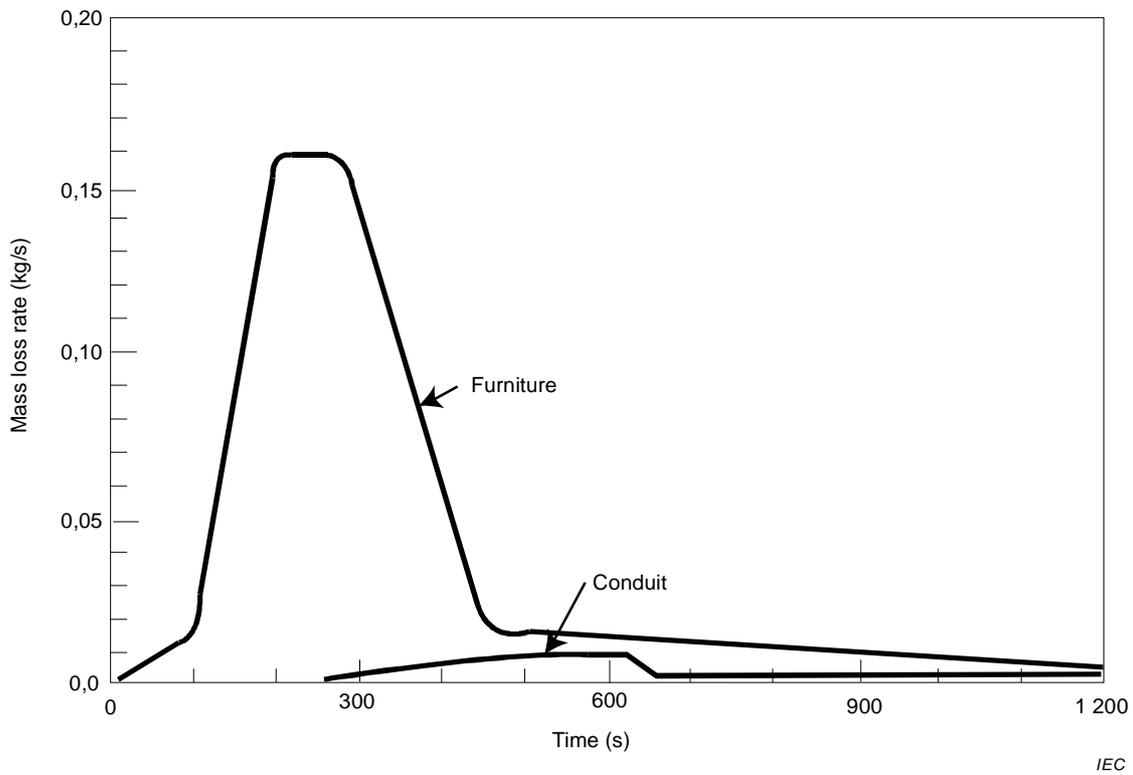


Figure B.6 – Comparative mass loss rates of furniture and conduit (concrete wall)

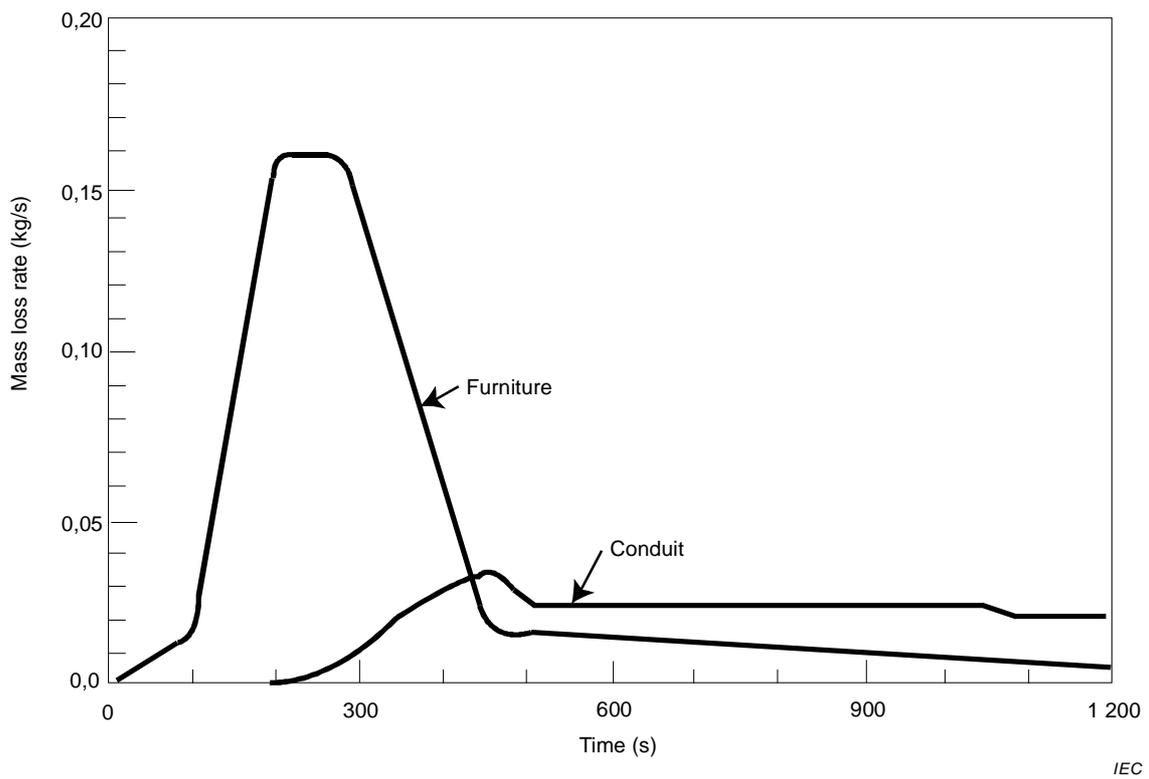


Figure B.7 – Comparative mass loss rates of furniture and conduit (gypsum wall board)

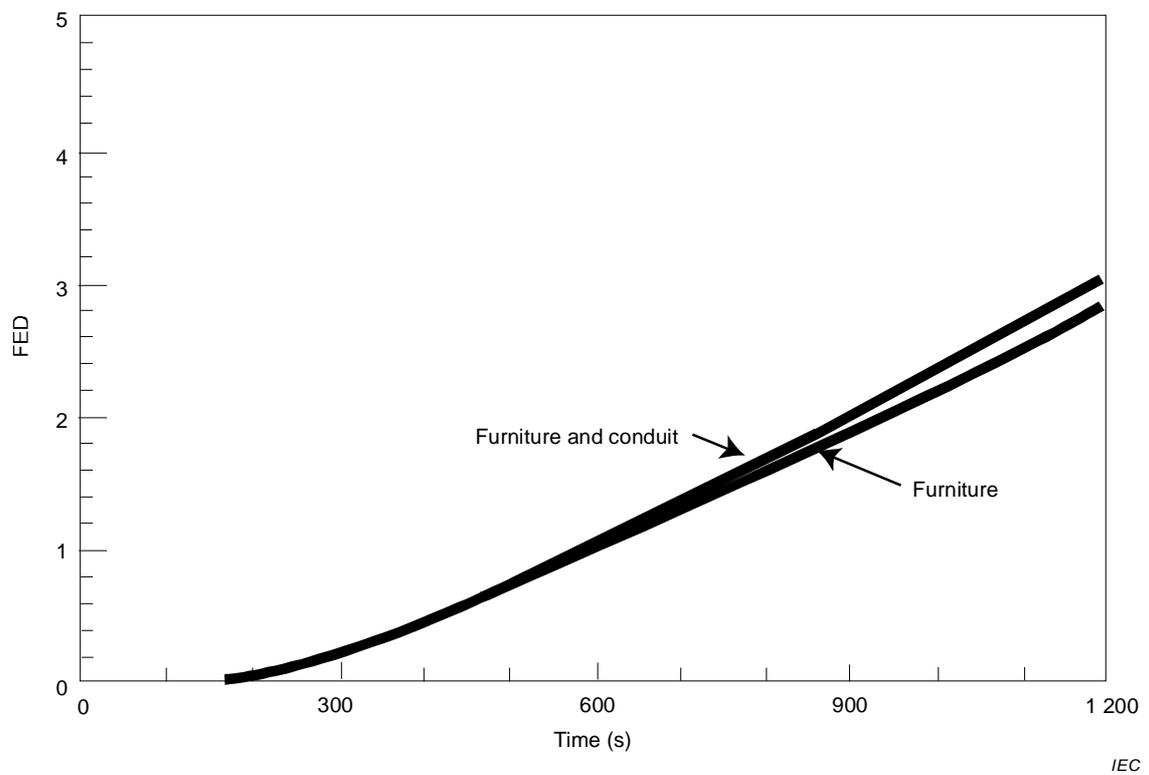


Figure B.8 – Relative increase of toxicity due to exposed conduit (concrete wall)

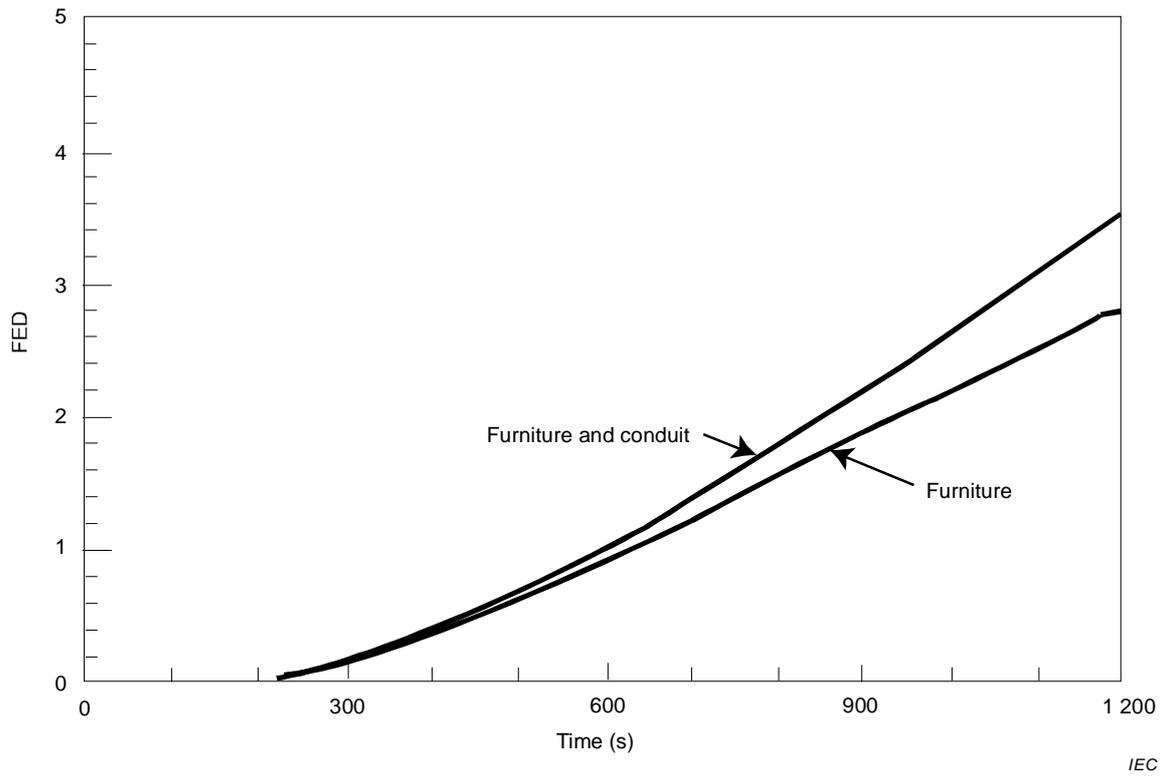


Figure B.9 – Relative increase of toxicity due to exposed conduit (gypsum wall board)

Bibliography

- [1] IEC 60695-1-21, *Fire hazard testing – Part 1-21: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Ignitability – Summary and relevance of test methods*
- [2] IEC/TS 60695-5-2, *Fire hazard testing – Part 5-2: Corrosion damage effects of fire effluent – Summary and relevance of test methods*
- [3] IEC 60695-6-2, *Fire hazard testing – Part 6-2: Smoke obscuration – Summary and relevance of test methods*
- [4] IEC 60695-7-1:2010, *Fire hazard testing – Part 7-1: Toxicity of fire effluent – General guidance*
- [5] IEC 60695-7-2, *Fire hazard testing – Part 7-2: Toxicity of fire effluent – Summary and relevance of test methods*
- [6] IEC/TS 60695-7-3:2011, *Fire hazard testing – Part 7-3: Toxicity of fire effluent – Use and interpretation of test results*
- [7] IEC 60695-8-2, *Fire hazard testing – Part 8-2: Heat release – Summary and relevance of test methods*
- [8] IEC 60695-9-2, *Fire hazard testing – Part 9-2: Surface spread of flame – Summary and relevance of test methods*
- [9] IEC 61386-21:2002, *Conduit systems for cable management – Part 21: Particular requirements – Rigid conduit systems*
- [10] ISO/IEC Guide 51, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*
- [11] ISO 6707-1, *Building and civil engineering – Vocabulary – Part 1: General terms*
- [12] ISO/TS 13387:1999 (all parts), *Fire safety engineering*
- [13] ISO 13571, *Life-threatening components of fire – Guidelines for the estimation of time to compromised tenability in fires*
- [14] ISO 16730, *Fire safety engineering – Assessment, verification and validation of calculation methods*
- [15] ISO 16732-1, *Fire safety engineering – Fire risk assessment – Part 1: General*
- [16] ISO/TS 16733, *Fire safety engineering – Selection of design fire scenarios and design fires*
- [17] ISO 16734, *Fire safety engineering – Requirements governing algebraic equations – Fire plumes*
- [18] ISO 16735, *Fire safety engineering – Requirements governing algebraic formulas – Smoke layers*
- [19] ISO 16736, *Fire safety engineering – Requirements governing algebraic equations – Ceiling jet flows*

- [20] ISO 16737, *Fire safety engineering – Requirements governing algebraic equations – Vent flows*
 - [21] ISO 23932, *Fire safety engineering – General principles*
 - [22] Mitler, H., *Documentation of CFC-V (the Harvard Fire Code)*, National Bureau of Standards, NBS-GCR-81-344 USA (1987)
 - [23] Levin, B., et al, National Bureau of Standards, NBSIR 82-2532 USA (June 1982); Paabo, M., and Levin, B., National Bureau of Standards, NBSIR 85-3224 USA (1985)
 - [24] Babrauskas, V., *Fire Technology*, v. 16, pp. 94-112 USA (1980)
 - [25] Alexeeff, G.V., and Packham, S.C., *Evaluation of Smoke Toxicity Using Concentration Time Products*, *Journal of Fire Sciences*, 2, (5) pp. 362-379 USA (1984)
 - [26] Alarie, Y., and Anderson, R., *American Industrial Hygiene Assn. Journal*, v. 40 pp. 408ff. USA (1979)
 - [27] Benjamin, I., *Journal of Fire Sciences*, v. 5, pp. 25-49 USA (1987)
 - [28] Mulholland, G. W., *Smoke Production and Properties*, in the *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd ed. DiNenno, P.J. et al (Editors), NFPA, Quincy, MA, USA, 2002
 - [29] IEC 60695-1-20, *Fire hazard testing – Part 1-20 Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Ignitability – General guidance*
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	50
INTRODUCTION.....	52
1 Domaine d'application	53
2 Références normatives	53
3 Termes et définitions	54
4 Eléments d'évaluation du danger du feu	61
4.1 Sources d'allumage.....	61
4.2 Danger d'incendie	61
4.3 Risque d'incendie.....	61
4.4 Evaluation du danger du feu	61
5 Essais relatifs au danger du feu.....	62
6 Processus d'évaluation du danger du feu.....	62
6.1 Généralités	62
6.2 Définition de la gamme de produits et des circonstances d'utilisation	63
6.3 Identification et analyse des scénarios feu	63
6.3.1 Généralités	63
6.3.2 Description qualitative du scénario feu	64
6.3.3 Analyse quantitative du scénario feu.....	65
6.3.4 Scénarios de feu hypothétiques simples	66
6.4 Choix des critères pour des issues de scénarios feu acceptables	67
6.5 Exigences de performance.....	67
6.6 Interprétation des résultats d'essai.....	67
6.7 Essai consécutif.....	68
7 Etendue et limites de l'évaluation du danger du feu	68
8 Exigences et spécifications de l'essai au feu	68
Annexe A (informative) Calcul des valeurs de dégagements toxiques acceptables pour un matériau d'isolation électrique, basé sur un scénario feu hypothétique simple.....	75
A.1 Définition du scénario feu	75
A.2 Effluents du feu irritants	75
A.2.1 Valeurs F	75
A.2.2 Equation des produits irritants	76
A.2.3 Calcul des valeurs X_i	76
A.3 Effluents du feu asphyxiants	77
A.3.1 Dose d'exposition	77
A.3.2 Equation des asphyxiants	77
A.3.3 Calcul de X_{CO}	77
A.3.4 Calcul de X_{HCN}	78
A.4 Dioxyde de carbone	79
A.5 Conclusions	80
Annexe B (informative) Utilisation de conduits plastiques rigides – Evaluation du danger du feu	81
B.1 Généralités	81
B.2 Termes et définitions	81
B.3 Produits couverts par cette évaluation du danger du feu	81
B.4 Circonstances d'utilisation	82

B.4.1	Conduits et installation électrique	82
B.4.2	Construction du bâtiment	82
B.5	Scénarios feu	82
B.6	Comportement au feu approprié	83
B.6.1	Généralités	83
B.6.2	Modélisation du feu d'exposition	84
B.6.3	Prédiction de perte de masse du conduit	84
B.7	Résultats	84
B.7.1	Comparaison des feux avec et sans CPR	84
B.7.2	Evaluation de la contribution du CPR à l'augmentation de température.....	84
B.7.3	Evaluation de la contribution du CPR à la production de fumée	85
B.7.4	Evaluation de la contribution de CPR à la production d'effluents toxiques.....	85
B.8	Interprétation des résultats – Signification et précision.....	86
B.9	Conclusions	87
Bibliographie.....		93
Figure 1	– Diagramme 1 pour la description du scénario feu	70
Figure 2	– Diagramme 1A pour l'évaluation de l'allumabilité/inflammabilité	71
Figure 3	– Diagramme 1B pour l'évaluation de la propagation de la flamme et du dégagement de chaleur	72
Figure 4	– Diagramme 1C pour l'évaluation des effluents du feu	73
Figure 5	– Diagramme pour la description de la gamme de produits et des circonstances d'utilisation	74
Figure B.1	– Schéma de l'installation du conduit	88
Figure B.2	– Température de la couche supérieure du couloir (mur en béton).....	88
Figure B.3	– Température de la couche supérieure du couloir (mur en plâtre).....	89
Figure B.4	– Flux mesuré à 2 m du conduit (mur en béton)	89
Figure B.5	– Flux mesuré à 2 m du conduit (mur en plâtre)	90
Figure B.6	– Vitesses comparées des pertes de masse du mobilier et du conduit (mur en béton)	90
Figure B.7	– Vitesses comparées des pertes de masse du mobilier et du conduit (mur en plâtre)	91
Figure B.8	– Montée relative de la toxicité due au conduit exposé (mur en béton).....	91
Figure B.9	– Montée relative de la toxicité due au conduit exposé (mur en plâtre)	92
Tableau A.1	– Valeurs F de produit irritant et valeurs X calculées pour le scénario feu défini	76
Tableau A.2	– Valeurs X d'asphyxiant calculées pour le scénario feu défini	77
Tableau A.3	– Temps d'action incapacitante pour le cyanure d'hydrogène	78
Tableau A.4	– Facteurs de multiplication pour le dioxyde de carbone	80
Tableau B.1	– Résumé des renseignements du scénario	83
Tableau B.2	– Temps d'apparition de conditions très dangereuses dans les couloirs du bâtiment.....	86

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 1-11: Lignes directrices pour l'évaluation du danger du feu des produits électrotechniques – Evaluation du danger du feu

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60695-1-11 a été établie par le comité d'études 89 de l'IEC: Essais relatifs au danger du feu.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition de l'IEC 60695-1-11 publiée en 2010. Elle constitue une révision technique.

Par rapport à l'édition précédente, les modifications majeures sont les suivantes:

- a) Mise à jour des références;
- b) Mise à jour des termes et définitions; et
- c) Ajout figure 5 – Description de la gamme de produits et des circonstances d'utilisation; et

d) Mise à jour de la Bibliographie.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
89/1220/FDIS	89/1239/RVD

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

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

Elle a le statut d'une publication fondamentale de sécurité conformément au Guide IEC 104 et au Guide ISO/IEC 51 [10] ¹.

Cette norme doit être utilisée conjointement avec l'IEC 60695-1-10.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60695, publiées sous le titre général *Essais relatifs au danger du feu*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

La Partie 1 est constituée des parties suivantes:

- Partie 1-10: Lignes directrices pour l'évaluation du danger du feu des produits électrotechniques – Lignes directrices générales
- Partie 1-11: Lignes directrices pour l'évaluation du danger du feu des produits électrotechniques – Evaluation du danger du feu
- Partie 1-12: Lignes directrices pour l'évaluation du danger du feu des produits électrotechniques – Ingénierie de sécurité du feu²
- Partie 1-20: Lignes directrices pour l'évaluation du danger du feu des produits électrotechniques – Allumabilité – Lignes directrices générales
- Partie 1-21: Lignes directrices pour l'évaluation du danger du feu des produits électrotechniques – Allumabilité – Résumé et pertinence des méthodes d'essai
- Partie 1-30: Lignes directrices pour l'évaluation du danger du feu des produits électrotechniques – Processus d'essai de présélection – Lignes directrices générales
- Partie 1-40: Lignes directrices pour l'évaluation du danger du feu des produits électrotechniques – Liquides isolants

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 l'IEC 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.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

² A publier.

INTRODUCTION

Lors de la conception d'un produit électrotechnique, il faut tenir compte du risque d'incendie et du danger potentiel associé au feu. A cet égard, l'objectif de la conception des composants, des circuits et des appareils, ainsi que le choix des matériaux, est d'amener à des niveaux acceptables les risques potentiels d'incendie même en cas d'utilisation anormale prévisible, de dysfonctionnement ou de défaillance. La présente norme, avec l'IEC 60695-1-10 qui lui est associée, fournissent des lignes directrices relatives à son application.

Les principaux objectifs sont d'empêcher un allumage provoqué par l'excitation électrique d'une partie de composant et en cas d'allumage, de confiner le feu qui en résulte à l'intérieur de l'enceinte du produit électrotechnique.

Les objectifs secondaires comportent la minimisation de toute propagation de flamme au-delà de l'espace fermé du produit et la minimisation des effets nuisibles des effluents du feu tels que la chaleur, la fumée et les produits de combustion toxiques ou corrosifs.

Les incendies impliquant des produits électrotechniques peuvent également avoir pour origine des sources externes non électriques. Ce genre de considération est pris en compte lors de l'évaluation globale du danger du feu.

L'évaluation du danger du feu est utilisée pour identifier les types d'événements liés au feu (scénarios feu) qui seront associés au produit, pour déterminer la façon dont les propriétés mesurables du produit sont relatives à l'issue de ces événements et pour établir les méthodes d'essai et les exigences de performance pour ces propriétés qui soit donneront lieu à une issue du feu tolérable soit élimineront totalement l'événement.

L'Annexe A présente un processus d'évaluation relativement simple du danger du feu, appliqué au danger toxique d'un matériau en combustion.

L'Annexe B montre un processus d'évaluation plus complexe du danger du feu appliqué à un produit électrotechnique: un conduit plastique rigide.

L'attention est attirée sur les principes du Guide IEC 104 et sur le rôle des comités chargés de fonctions de sécurité horizontales et de fonctions groupées de sécurité.

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 1-11: Lignes directrices pour l'évaluation du danger du feu des produits électrotechniques – Evaluation du danger du feu

1 Domaine d'application

Cette partie de l'IEC 60695 fournit des lignes directrices pour évaluer le danger du feu des produits électrotechniques et pour développer, en conséquence, les essais relatifs au danger du feu liés directement aux dommages aux personnes, aux animaux ou aux biens.

Elle expose un processus de danger pour identifier les méthodes d'essai aux feux appropriés et les critères de performance des produits. Les principes de la méthodologie identifient les événements liés au feu (scénarios feu) qui seront associés au produit, pour établir la façon dont les propriétés mesurables du produit sont relatives à la possible survenance et à l'issue de ces événements et pour établir les méthodes d'essai et les exigences de performance pour ces propriétés qui soit donneront lieu à une issue du feu tolérable soit élimineront totalement l'événement.

Elle est destinée à fournir des lignes directrices pour les comités de l'IEC, à utiliser en fonction de leurs applications particulières. La mise en œuvre effective de ce document reste sous la responsabilité de chaque comité de produit, en fonction de la sécurité au feu minimale acceptable dans son domaine d'application et en tenant compte du retour d'expérience.

Cette publication fondamentale de sécurité est destinée à être utilisée par les comités d'études pour l'élaboration de leurs normes conformément aux principes exposés dans le Guide IEC 104 et dans le Guide ISO/IEC 51 [10].

L'une des responsabilités d'un comité d'études consiste, le cas échéant, à utiliser les publications fondamentales de sécurité dans le cadre de l'élaboration de ses publications. Les exigences, les méthodes d'essai ou les conditions d'essai de cette publication fondamentale de sécurité ne s'appliquent pas sauf si elles sont spécifiquement citées en référence ou incluses dans les publications correspondantes.

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).

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

IEC 60695-1-12, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 1-12 Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Ingénierie de la sécurité du feu*³

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

³ A publier.

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

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

3 Termes et définitions

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

3.1

asphyxiant

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

Note 1 à l'article: Une perte de conscience et, finalement, la mort peuvent survenir.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.17]

3.2

temps disponible pour l'évacuation en sécurité ASET

temps disponible pour évacuer pour un occupant individuel, l'intervalle de temps calculé entre le moment de l'allumage et le moment où les conditions sont telles que l'occupant se trouve dans l'incapacité d'exécuter une action efficace d'évacuation vers un refuge sûr ou une zone de sécurité

Note 1 à l'article: L'instant d'allumage peut être connu, par exemple dans le cas d'un modèle feu ou d'un essai au feu ou il peut être supposé connu, par exemple, il peut être basé sur une estimation à rebours à partir de l'instant de détection. Les conditions permettant de déterminer l'instant d'allumage sont toujours indiquées.

Note 2 à l'article: Cette définition correspond à une incapacitation avec impossibilité de s'échapper. D'autres critères pour l'ASET sont possibles. Si un critère de rechange est sélectionné, il est nécessaire de l'indiquer.

Note 3 à l'article: Chaque occupant peut avoir une valeur différente d'ASET, selon ses caractéristiques personnelles.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.20]

3.3

environnement bâti

immeuble ou autre structure

EXEMPLES Les plateformes off shore, les travaux de génie civil comme les tunnels, les ponts et les mines et les moyens de transport comme les véhicules à moteur et les bateaux.

Note 1 à l'article: L'ISO 6707-1 [11] contient un certain nombre de termes et de définitions de concepts relatifs à l'environnement construit.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.26]

3.4

combustion

réaction exothermique d'une substance avec un comburant

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.46]

3.5

produit de combustion **produit de la combustion**

matériau solide, liquide ou gazeux résultant d'une combustion

Note 1 à l'article: Les produits de combustion peuvent comprendre des effluents du feu, des cendres, des résidus charbonneux, des scories et/ou des suies.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.48]

3.6

chaleur effective de combustion

chaleur dégagée par une éprouvette d'essai soumise à l'épreuve de combustion dans un intervalle de temps donné divisée par la perte de masse de l'éprouvette dans la même période de temps

Note 1 à l'article: Elle est équivalente au pouvoir calorifique inférieur si la totalité de l'essai est convertie en produits volatils de la combustion et si tous les produits de combustion sont complètement oxydés.

Note 2 à l'article: Elle est exprimée en kilojoules par gramme, $\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.74]

3.7

produit fini

produit qui est prêt à être utilisé sans modification

Note 1 à l'article: Un produit fini peut rentrer dans la composition d'un autre produit fini.

[SOURCE: IEC 60695-4:2012, définition 3.2.7]

3.8

environnement

conditions et éléments environnants qui peuvent influencer sur le comportement d'un objet ou d'une personne exposé à l'incendie

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.80]

3.9

évacuation

exécution d'une action efficace pour atteindre un refuge sûr ou une zone de sécurité

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.82]

3.10

dose d'exposition

mesure de la quantité maximale d'un gaz toxique ou d'un effluent du feu qui peut être disponible pour l'inhalation, calculée par intégration de la surface sous la courbe concentration-temps

Note 1 à l'article: Pour un effluent du feu, l'unité type est grammes fois-minutes par mètre cube ($\text{g}\cdot\text{min}\cdot\text{m}^{-3}$).

Note 2 à l'article: Pour un gaz toxique, l'unité type est microlitres fois-minutes par litre ($\mu\text{L}\cdot\text{min}\cdot\text{L}^{-1}$) (à $T = 298 \text{ K}$ et $P = 1 \text{ atm}$).

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.89]

3.11**surface d'extinction de la fumée**

produit du volume occupé par la fumée par le coefficient d'extinction de la fumée

Note 1 à l'article: Il s'agit d'une mesure de la quantité de fumée et l'unité type est mètres carrés (m²).

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.92]

3.12**incendie**

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

Note 1 à l'article: En anglais, le terme "fire" est utilisé pour désigner trois concepts dont deux: feu (3.13) et incendie (3.14) se rapportent à des types spécifiques de combustion auto-entretenu ayant des significations diverses et deux d'entre eux sont désignés par deux termes différents, tant en français qu'en allemand.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.96]

3.13**incendie**

<contrôlé> combustion auto-entretenu qui a été délibérément assurée pour produire des effets utiles et dont l'extension dans le temps et dans l'espace est contrôlée

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.97]

3.14**incendie**

<non contrôlée> combustion auto-entretenu qui n'a pas été délibérément assurée pour produire des effets utiles et dont l'extension dans le temps et dans l'espace n'est pas contrôlée

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.98]

3.15**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, définition 4.105]

3.16**croissance du feu**

étape du développement du feu (3.12) au cours de laquelle le débit calorifique et la température du feu augmentent

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.111]

3.17**danger d'incendie**

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.112]

3.18

risque d'incendie

combinaison entre la probabilité qu'un incendie (3.14) se produise et les conséquences particulières 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, définition 4.124]

3.19

ingénierie de la sécurité incendie

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.126]

3.20

scénario d'incendie

description qualitative du déroulement d'un incendie (3.14) dans le temps, identifiant les événements clés qui caractérisent l'incendie et le différencient des autres incendies potentiels

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.129]

3.21

essai au feu

essai qui mesure le comportement d'un feu (3.12) ou expose un objet aux effets d'un feu (3.13)

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, définition 4.132]

3.22

front de flamme

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.136]

3.23

propagation de flamme

propagation d'un front de flamme

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.142]

3.24

embrasement généralisé, flashover

⟨stade d'incendie⟩ passage à un état impliquant dans un incendie (3.14) l'ensemble des surfaces des matériaux combustibles dans une enceinte

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.156]

3.25

dose effective fractionnelle

FED

rapport de la dose d'exposition à un asphyxiant à la dose d'exposition susceptible de produire un effet déterminé sur un sujet exposé de sensibilité moyenne

Note 1 à l'article: Le concept de dose effective fractionnelle peut se référer à tous les effets, y compris l'incapacitation, la létalité ou d'autres effets résultants.

Note 2 à l'article: Lorsqu'il ne fait pas référence à un asphyxiant spécifique, le terme *FED* représente la somme des valeurs *FED* de tous les asphyxiants émis dans l'atmosphère de combustion.

Note 3 à l'article: La valeur *FED* est une grandeur sans dimension.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.160]

3.26

dégagement de chaleur

énergie thermique dégagée par la combustion

Note 1 à l'article: Il est exprimé en joules (J).

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.176]

3.27

débit thermique

taux de combustion (déconseillé)

vitesse de combustion (déconseillé)

énergie calorifique produite par unité de temps par la combustion

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.177]

3.28

allumage

allumage persistant (déconseillé)

<général> amorçage de la combustion

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.187]

3.29

allumage

allumage persistant (déconseillé)

<combustion avec flammes> déclenchement d'une flamme persistante

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.188]

3.30

incapacitation

état d'incapacité physique d'accomplir une tâche spécifique

Note 1 à l'article: Un exemple de tâche spécifique consiste à réaliser une évacuation lors d'un incendie.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.194]

3.31**irritant, substantif**

(sensoriel/voies respiratoires supérieures) gaz ou aérosol qui stimule les récepteurs du système nerveux des yeux, du nez, de la bouche, de la gorge et de l'appareil respiratoire, provoquant à des degrés variables une gêne et des douleurs conduisant au déclenchement de nombreuses réactions de défense physiologique

Note 1 à l'article: Les réactions de défense physiologique comportent le réflexe de fermeture des paupières, la production de larmes, la toux et la bronchoconstriction.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.203]

3.32**vitesse de perte de masse**

perte de masse par unité de temps de l'essai dans des conditions spécifiées

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.224]

3.33**obscurcissement par la fumée**

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

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

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

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.242]

3.34**essai qualitatif au feu**

essai au feu qui est soit:

- a) un essai acceptation/rejet; soit
- b) un essai qui classe le comportement de l'éprouvette en déterminant sa position dans un ordre de performance établi

3.35**essai quantitatif au feu**

essai au feu qui tient compte des circonstances de l'utilisation du produit, dans lequel les conditions de l'essai sont fondées sur les circonstances d'utilisation de l'éprouvette ou y sont associées et qui mesure un ou plusieurs paramètres, exprimés dans des termes bien définis et utilisant des unités scientifiques rationnelles, pouvant être utilisé pour l'évaluation quantitative du risque d'incendie

3.36**flux de chaleur rayonné**

puissance par unité de surface émise, transmise ou reçue sous forme de rayonnement thermique

Note 1 à l'article: Il est exprimé en kilowatts par mètre carré ($\text{kW}\cdot\text{m}^{-2}$).

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.269]

3.37

réaction au feu

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

Note 1 à l'article: La résistance au feu est considérée comme un cas spécial et n'est pas normalement considérée comme une propriété de "réaction au feu".

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.272]

3.38

fumée

partie visible des effluents du feu

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.293]

3.39

surface spécifique d'extinction de la fumée

surface d'extinction de la fumée produite par une éprouvette d'essai pendant une période donnée divisée par la perte de masse de l'éprouvette durant la même période

Note 1 à l'article: Elle est exprimée en mètres carrés par gramme ($m^2 \cdot g^{-1}$).

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.301]

3.40

toxique, adjectif

nocif

Note 1 à l'article: Une substance nocive produit des effets nocifs sur un organisme vivant, tels qu'une irritation, une narcose ou la mort.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.335]

3.41

potentiel toxique

mesure de la quantité de toxique (3.42) exigée pour obtenir un effet toxique (3.40) spécifique

Note 1 à l'article: Une petite valeur de potentiel toxique correspond à une valeur élevée de toxicité (3.42) et vice versa.

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.338]

3.42

toxique, substantif

toxine

substance toxique (3.40)

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.340]

3.43

toxicité

qualité toxique (3.40)

[SOURCE: ISO 13943:2008, définition 4.341]

4 Éléments d'évaluation du danger du feu

4.1 Sources d'allumage

L'allumage est le résultat d'une hausse de la température (voir IEC 60695-1-20). Les phénomènes d'allumage communs rencontrés dans les produits électrotechniques sont décrits en détail dans le tableau 1 de l'IEC 60695-1-10:2009.

Les feux mettant en œuvre des produits électrotechniques peuvent également être déclenchés par des sources externes non électriques et il convient que l'évaluation globale du danger du feu comprenne cette possibilité.

4.2 Danger d'incendie

Un danger du feu est un objet ou une condition physique avec une possibilité de conséquence indésirable par un incendie (voir 3.17). Le danger du feu englobe donc les carburants et les sources d'allumage potentiel (voir 4.1).

4.3 Risque d'incendie

Le risque d'incendie est calculé d'après la probabilité de feu et une mesure quantifiée de ses conséquences. Les conséquences peuvent se référer à une blessure ou une perte de la vie due à des menaces telles que la chaleur, la fumée, l'appauvrissement en oxygène ou la concentration de gaz du feu incapacitants. Les conséquences peuvent également se référer à une perte matérielle, telle que l'étendue des dégâts d'un incendie et le coût de réparation et de remplacement. Une gamme importante de scénarios feu possibles peut être analysée quantitativement pour déterminer les mesures du risque global d'incendie

4.4 Évaluation du danger du feu

L'évaluation du danger du feu implique l'évaluation des causes possibles de feu, la possibilité et la nature d'un développement ultérieur du feu et les conséquences possibles du feu.

Le danger du feu constitué par un produit, c'est-à-dire la possibilité d'allumage, de développement ultérieur du feu et les conséquences possibles d'un incendie impliquant ce produit, dépend des caractéristiques du produit, des conditions d'utilisation et de l'environnement dans lequel il est utilisé. Cet environnement inclut la prise en compte du nombre et des capacités des personnes exposées à un incendie impliquant ce produit et/ou la valeur et la vulnérabilité des biens exposés à ce danger.

Les menaces pour la vie et les dommages matériels liés à un produit constituent habituellement le résultat principal de la chaleur et des effluents du feu produit par le feu auxquels donne lieu le produit. En conséquence, il faut aussi prendre en considération l'allumage et le développement du feu suivis par le dégagement de chaleur et l'opacité, la toxicité et la corrosivité des effluents du feu émis par un produit en combustion ou de tout matériau qui se trouve impliqué dans l'incendie à cause dudit produit. Il faut prendre en considération les effets directs de ces propriétés, ainsi que leurs effets sur les personnes, influant sur leur aptitude de continuer à fonctionner pendant et après l'incendie. Dans certains cas, des facteurs supplémentaires doivent être également évalués, tels que les effets d'une chaleur excessive entraînant l'effondrement de la structure environnante ou l'accumulation de gaz, vapeurs et/ou poussières inflammables entraînant un risque d'explosion.

Certains produits peuvent couvrir des fractions considérables de surfaces exposées ou peuvent traverser des parois pare-feu. A titre d'exemples, on peut citer des produits nécessitant de grandes enceintes, ainsi que des câbles isolés et des conduits. En cas d'exposition à un feu externe, il convient d'évaluer ces produits du point de vue de leur contribution à l'incendie comparés aux mêmes matériaux de construction ou aux structures dans lesquels les produits ne sont pas installés.

Il convient que les normes prévues pour le produit final incluent, après un examen détaillé des sources de danger relatives à un scénario feu défini, une série d'essais ou un essai unique, selon le cas, pour traiter les problèmes spécifiques ayant été identifiés.

Le processus d'évaluation du danger du feu est expliqué plus en détail dans l'Article 6.

5 Essais relatifs au danger du feu

Une évaluation du danger du feu montre la façon dont les différentes caractéristiques de performance au feu du produit peuvent entraîner le développement d'une situation de feu dangereuse ou y contribuer dans des conditions prévisibles d'utilisation ou de mauvais usage. Il convient d'obtenir ces caractéristiques de performance au feu à partir d'essais quantitatifs au feu dans lesquels les résultats sont exprimés dans des unités physiques fondamentales telles que l'énergie, la masse, les dimensions, la concentration et le temps, car celles-ci permettent de calculer les effets du feu à l'étude.

Bien que les résultats des essais qualitatifs au feu ne puissent généralement pas être corrélés avec les performances au feu à une échelle réelle; en effet, les conditions d'essai ne peuvent pas souvent être relatives au scénario feu envisagé, même s'il est néanmoins approprié dans certains cas de conserver ces essais ou même d'en élaborer de nouveaux.

NOTE La nature et l'applicabilité des essais qualitatifs et quantitatifs au feu sont expliquées en détail dans la IEC 60695-1-10.

Il convient qu'une évaluation du danger du feu fournisse la justification pour laquelle un essai au feu donné est sélectionné et quelles exigences de performance il convient de mesurer.

6 Processus d'évaluation du danger du feu

6.1 Généralités

L'évaluation du danger du feu est obtenue en utilisant des données d'essai au feu dans des modèles à caractère scientifique de comportement au feu. L'évaluation du danger du feu peut ensuite être utilisée pour contrôler le danger pour la vie, les biens et l'environnement auxquels le produit peut donner naissance lors d'un incendie. Cela peut être réalisé en modifiant la conception du produit ou en modifiant la manière dont le produit est utilisé ou installé.

Cette norme internationale utilise de nombreux éléments de l'ingénierie de la sécurité au feu traitée dans les documents ISO. Ces documents sont:

ISO 23932 [21], ISO 16730 [14], ISO 16732-1 [15], ISO/TS 16733 [16], ISO 16734 [17], ISO 16735 [18], ISO 16736 [19], ISO 16737 [20] et ISO/TR 13387 (toutes les parties) [12].

Ces documents ISO relatifs à l'ingénierie de la sécurité au feu, ont été élaborés pour évaluer la conception de l'environnement construit, en prévoyant que la conception puisse être modifiée si le résultat de l'analyse n'est pas satisfaisant. Cependant, dans le cas de produits électrotechniques finals, cette approche est appropriée uniquement lorsque le produit final est destiné à être utilisé dans un environnement construit. Cependant, un grand nombre de produits sont installés dans un environnement construit *une fois que* sa conception et sa construction sont terminées, comme partie mobile ou comme partie intégrante d'un système qui est installé après la construction. Il faut lors de l'évaluation du danger du feu de ces produits électrotechniques finals, considérer les paramètres du projet de construction comme fixes, plutôt que comme des éléments réglables dans le processus.

Le premier but de l'évaluation du danger du feu est de caractériser puis de contrôler l'impact des incendies provoqués par l'allumage induit électriquement avec pour objectif de protéger les produits électroniques. Les conséquences occasionnées par le produit après un allumage à un autre endroit est un objectif secondaire.

NOTE Dans l'évaluation du danger du feu, le fait que l'allumage ait lieu est supposé. Une approche du risque et de la sécurité au feu plus large, dont l'évaluation du danger du feu peut faire partie, peut également aborder la probabilité d'allumage.

D'autres normes d'ingénierie de la sécurité au feu, telles que l'élaboration et le choix des scénarios feu et de la conception des incendies, l'évaluation du comportement et du mouvement des personnes et les lignes directrices générales de conception et d'évaluation de la sécurité contre l'incendie sont en cours d'élaboration par l'ISO. Il convient de tenir compte de toutes les normes ISO pertinentes à chaque fois que cela est nécessaire.

L'IEC 60695-1-12 fournit les lignes directrices sur l'application de l'ingénierie de la sécurité incendie aux produits électrotechniques.

Les étapes fondamentales à suivre dans le développement d'une évaluation du danger du feu sont les suivantes:

- a) la définition d'une gamme de produits et des circonstances d'utilisation auxquelles l'évaluation s'applique (voir 6.2);
- b) l'identification, la définition et analyse du ou des scénarios feu à prendre en compte, conduisant à une liste de caractéristiques de performance au feu de produits clés et/ou des méthodes d'essai (voir 6.3);
- c) le choix des critères définissant les issues acceptables d'un incendie (voir 6.4);
- d) la détermination des exigences de performances des produits (voir 6.5); et
- e) l'interprétation des résultats d'essai (voir 6.6).

Les relations entre les étapes de l'évaluation du danger du feu et les essais résultants sont représentées schématiquement dans les organigrammes 1, 1A, 1B et 1C (voir Figures 1 à 4).

6.2 Définition de la gamme de produits et des circonstances d'utilisation

La première étape implique la définition de la catégorie ou de la gamme des produits auxquels s'applique l'évaluation du danger du feu. A cet effet, on sélectionne un produit candidat, on détermine ses circonstances d'utilisation et on décrit sous forme préliminaire le scénario feu le plus significatif dans lequel il peut se trouver impliqué. Le même scénario feu ou un scénario très proche peut être une source importante de danger pour d'autres produits, ainsi que dans d'autres circonstances d'usage; le domaine d'application éventuel de l'analyse peut donc ne devenir évident que si le scénario feu est défini de manière plus complète.

NOTE Le cas échéant, se reporter à la norme de produit IEC applicable.

6.3 Identification et analyse des scénarios feu

6.3.1 Généralités

Un scénario feu est une description qualitative détaillée des conditions dans lesquelles se déroulent une ou plusieurs des étapes d'un feu réel (ou d'une simulation grandeur réelle) depuis la situation avant l'allumage jusqu'à la fin de la combustion. Il y a souvent plus d'un scénario feu auquel peut participer le produit et, en principe, la contribution différente d'un produit aux conséquences de l'incendie relatif à chaque scénario feu peut être évaluée. En conséquence, pour chaque scénario feu important identifié, une évaluation distincte du danger du feu est exigée.

Que l'objet de l'évaluation soit un produit ou un système, typiquement, les caractéristiques les plus importantes du scénario feu seront généralement soit celles qui définissent les conditions d'incendie pour lesquelles le produit est impliqué dans l'incendie, soit celles qui indiquent le moment dans l'incendie où la contribution du produit aura les conséquences les plus graves.

De ce fait, pour être utile, il faut que le scénario feu qualitatif soit analysé de façon à fournir des données reliant de façon quantitative l'issue de l'incident au comportement du produit – en tant que source d'allumage et/ou en termes de propriétés au feu mesurables comme déterminées par les essais de réaction au feu existants.

6.3.2 Description qualitative du scénario feu

Il convient d'élaborer une description qualitative de chaque scénario feu considéré. Il convient de se poser les questions suivantes pour chaque scénario feu:

- a) Quelle est la source d'allumage, est-ce le produit lui-même ou est-ce le produit qui est victime du feu dont l'origine est ailleurs?
- b) Si le produit n'est pas la source d'allumage, décrire les conditions d'allumage.
- c) Comment l'allumage est-il détecté?
- d) Quelle est la taille du feu lorsque le produit s'enflamme?
- e) Quels sont les autres combustibles pour l'incendie?
- f) Quel est l'emplacement du produit? Est-il dans une enveloppe?
- g) Quelles sont les conditions de ventilation?
- h) Quel est l'emplacement du feu par rapport au produit?
- i) Quels sont les composants des effluents du feu?
- j) Décrire la disposition des emplacements dans lesquels les effluents du feu s'accumuleront.
- k) Quelles sont les conséquences du feu perçues comme problématiques, par exemple, la chaleur ou les effets des effluents du feu?
- l) Quelle est la cible, par exemple des personnes exposées, des biens ou du matériel spécialisé?
- m) Si ce sont des personnes qui sont la cible, quelles sont leurs capacités et leurs possibilités pour évacuer? Combien de personnes seront probablement affectées?
- n) Où se trouve l'emplacement de la cible?
- o) Quels systèmes existent pour la sécurité au feu des bâtiments?
- p) Peut-on imaginer des circonstances où un ou plusieurs de ces systèmes dans les bâtiments auront une défaillance en rapport avec les mêmes événements qui font que le produit est impliqué dans la situation d'incendie?
- q) Quelles autres conditions influenceront sur le déroulement de l'allumage et/ou le développement du feu?

Les données disponibles à utiliser pour une évaluation du danger du feu peuvent être de l'un des types suivants:

- 1) les résultats d'essai;
- 2) les mesures ou les statistiques relatives aux caractéristiques d'incendies passés; ou
- 3) les avis documentés d'experts.

Ces données peuvent être utilisées directement comme mesures de l'évaluation du danger du feu ou peuvent être utilisées comme entrées pour une méthode de calcul qui fournira l'évaluation finale du danger du feu.

NOTE On peut trouver les lignes directrices supplémentaires sur la manière de définir et de décrire un scénario feu dans l'ISO/TR 13387-1:1999, 10.4 et 10.5, mais aussi dans l'ISO/TR 13387-2:1999, 5.1 à 5.2.6. Dans cette évaluation du danger du feu, toutefois, les scénarios feu importants sont évalués un par un, pas ensembles comme dans l'approche ISO. (Par conséquent, le matériau cité dans l'ISO/TR 13387-2:1999, de 5.2.7 à 5.2.11, n'est pas directement utilisé).

L'objectif premier du scénario feu est d'identifier la contribution potentielle du produit à chaque effet indésirable du développement du feu et, de ce fait, aux aspects de la performance au feu du produit qui influencent l'issue du scénario feu. Une fois établis les éléments-clés, les méthodes pour leur quantification ou leur mesure doivent être identifiées, comme illustré dans la Figure 1.

Le premier scénario feu évalué à l'aide de la Figure 1 donnera une liste des attributs feu du produit qui sont liés à ses contributions aux conséquences indésirables résultant de ce scénario feu. L'analyse des scénarios feu faits à la suite identifiera souvent des conséquences indésirables similaires et, de ce fait, un grand nombre des mêmes attributs du feu seront importants. Ainsi, la liste des mesures exigées augmentera plus lentement ou peut-être pas du tout, tandis que se poursuivra l'analyse des scénarios feu.

Les scénarios feu sont ensuite classés par ordre d'importance. Le classement peut s'effectuer selon la fréquence ou la gravité ou selon une combinaison des deux. Une fois établi le classement des scénarios feu, les aspects de la performance au feu du produit les plus importants deviennent évidents.

Dans un grand nombre de cas, en particulier pour les produits qui sont utilisés dans un grand nombre de circonstances différentes, il ne sera pas possible de répondre à toutes les questions de la liste énoncée en 6.3.2.

6.3.3 Analyse quantitative du scénario feu

Alors que les méthodes d'essai appropriées exigées peuvent généralement être identifiées à partir d'une analyse qualitative des scénarios feu, une analyse quantitative des scénarios feu les plus importants est nécessaire. L'analyse a deux fonctions:

- 1) Elle fournit des données relatives à l'environnement thermique du produit, de sorte que les conditions d'essai puissent être réglées à des niveaux en vue de simuler les conditions de scénarios feu réelles.
- 2) Elle fournit des valeurs calculées des divers paramètres associés aux conséquences indésirables du feu, d'après les scénarios impliquant le produit, si les performances du produit durant les essais au feu sont connues.

Il est possible de voir la modification des conséquences du feu résultant de la présence du produit. Cela est effectué suivant les façons ci-dessous:

- a) Décrire la courbe du développement du feu et l'environnement thermique qu'il produit avec et sans la présence du produit. La différence d'environnement thermique est provoquée par la présence du produit.
- b) Si les effluents du feu sont en cause, décrire la courbe de la perte de la masse associée à la courbe de développement du feu avec et sans la présence du produit.
- c) Décrire la façon dont l'augmentation des conséquences indésirables du feu à l'emplacement cible est relative à la courbe de perte de masse.
- d) Connecter les deux: décrire l'augmentation des conséquences indésirables du feu à l'emplacement cible en termes de courbe de développement du feu avec et sans la présence du produit.

Une description quantitative des conséquences indésirables du feu nécessite l'emploi des méthodes d'ingénierie de la sécurité au feu. Le lecteur se référera à l'ISO/TR 13387, parties 2, 3, 4, 5, 7 et 8 qui fournissent des informations supplémentaires sur la façon dont ces techniques quantitatives sont employées et les types de données qu'elles exigent.

De nombreuses méthodes d'essai et/ou de calculs fondées sur les méthodes d'ingénierie de sécurité au feu exigeront un certain nombre de spécifications ou de valeurs d'entrée. Par exemple, un essai de débit calorifique d'un produit en combustion exigera que la taille et la durée de la source d'allumage soient spécifiées, ainsi que le flux (l'intensité) thermique radiant auquel il convient que le produit soit exposé et les conditions de ventilation dans lesquelles il brûle.

Lorsque le produit est le premier élément allumé (un allumage peut se produire au sein du produit), il convient d'examiner la possibilité d'apparition d'une source de chaleur excessive et la possibilité d'allumage des parties environnantes qui en découle.

Lorsque le produit n'est pas le premier objet allumé, les combustibles proches seront importants pour déterminer les conditions thermiques auxquelles le produit est exposé. De même, la chaleur, ainsi que la qualité et la quantité des effluents du feu, produits par d'autres objets proches en combustion doivent être estimées afin de déterminer l'importance de la contribution du produit.

La procédure pour l'incorporation des essais appropriés dans l'analyse et pour la spécification des réglages d'essai est exposée plus loin dans les organigrammes 1, 1A, 1B et 1C.

6.3.4 Scénarios de feu hypothétiques simples

Effectuer une évaluation du danger du feu est à la fois complexe et potentiellement coûteux. De plus, comme expliqué ci-dessus, les informations relatives à l'environnement du produit peuvent ne pas être disponibles ou peuvent appartenir à une large gamme. En conséquence il est souvent utile de prendre une hypothèse relativement simple de scénario feu fondée sur des données historiques, puis d'utiliser ce scénario pour examiner la façon dont un produit influe sur les conséquences du feu.

Les informations de base suivantes sont nécessaires, au minimum, pour définir le scénario feu:

- a) la nature de la courbe de développement du feu – la quantité de carburant qui brûle, à quelle vitesse et la façon dont la vitesse de combustion varie en fonction du temps;
- b) la nature du carburant, sa chaleur de combustion, le dégagement de fumée et le dégagement de gaz toxiques;
- c) les étapes du feu; par exemple, bien ventilé ou vicié, température basse ou élevée; et
- d) le volume dans lequel les effluents du feu sont dispersés.

Avec ces informations, il est relativement simple de calculer divers paramètres (chaleur, appauvrissement en oxygène, fumée, émanation de gaz toxiques) en fonction du temps. Il est alors possible de calculer les propriétés de réaction au feu nécessaires au produit pour que les conséquences du feu déterminé soient acceptables.

Il convient de noter que cette approche n'est pas rigoureuse et implique un grand nombre d'hypothèses, mais cela est meilleur que de ne pas utiliser de données quantifiées, ce qui a été souvent le cas historiquement.

Si cette approche est utilisée pour spécifier ou réguler les propriétés de réaction au feu des produits, il est essentiel de définir explicitement le scénario feu hypothétique et de justifier les hypothèses effectuées.

Un exemple d'utilisation de scénario feu hypothétique simple est donné dans l'Annexe A.

6.4 Choix des critères pour des issues de scénarios feu acceptables

Le but de cette étape est de choisir les mesures d'évaluation du danger du feu qui fourniront une information technique valable, suffisante pour faire des estimations de la contribution du produit aux conséquences potentielles de l'incendie et prendre les décisions correspondantes. Les mesures utilisées sont classées dans les catégories suivantes:

a) Pertes directes de vies et de biens

Si la contribution du produit aux conséquences potentielles peut être exprimée en ces termes, il est souhaitable de le faire. Il est rare cependant que cela puisse être effectué parce qu'il est rare que les moyens des occupants ou le matériel et les biens soient connus avec une certitude suffisante pour que l'issue du scénario feu puisse être prévue quantitativement.

b) Méthode indirecte de caractérisation des conséquences du feu

Il est souvent possible d'associer une propriété mesurée ou calculée d'un produit à une augmentation d'un ou de plusieurs des effets indésirables du feu. Par exemple, le débit thermique du produit peut commander la température du compartiment et, par conséquent, affecter le fonctionnement du matériel et/ou la continuité de la présence humaine. La vitesse de dégagement de fumée émise par un produit peut influencer le temps d'évacuation disponible en toute sécurité. Dans cette approche, la relation quantitative entre l'effet indésirable du feu et les propriétés du produit est identifiée, de sorte que des changements dans le niveau de l'effet indésirable peuvent être reliés à des changements dans les propriétés.

c) Méthodes comparatives

Même s'il n'est pas possible d'exprimer ces relations quantitativement, il peut être possible de relier la performance d'un produit soumis à l'essai à un niveau de référence. Par exemple, des câbles avec un débit thermique connu peuvent être considérés comme fournissant une augmentation de température suffisamment lente, même si la relation précise est inconnue. Dans ce cas, on peut obtenir une mesure du danger relatif par la comparaison du débit thermique du produit avec le niveau de référence.

6.5 Exigences de performance

Il convient que l'analyse quantitative explicite la manière dont la performance du produit au feu telle qu'elle est mesurée par les méthodes d'essai identifiées selon le cas, affecte l'issue du scénario feu. Il convient que l'évaluation spécifie toutes les étapes exigées pour établir des seuils de sécurité significatifs ou pour que des critères d'acceptation/de refus puissent être établis par les responsables. Pour des exemples illustrant la façon dont cela peut être réalisé, voir l'Annexe A et l'Annexe B.

6.6 Interprétation des résultats d'essai

A cette étape, les conséquences d'une procédure d'évaluation du feu auront identifié quels paramètres doivent être utilisés et comment ils doivent être calculés, mais l'interprétation des résultats peut encore soulever des questions techniques complémentaires.

- a) Dans l'évaluation du danger du feu, il convient de spécifier la méthode à utiliser pour le calcul d'une comparaison globale entre les produits ou pour effectuer une comparaison par rapport à un niveau de référence. Cette méthode peut être une formule de calcul parmi plusieurs pour fournir une mesure globale; dans ce cas, une justification scientifique pour la formule sera donnée. La façon de faire peut être un ensemble de règles de décision, telles qu'une règle disant qu'un produit est meilleur qu'un autre que s'il est meilleur pour toutes les mesures.

- b) Si plus d'un scénario feu a été utilisé, il est nécessaire de spécifier la méthode à utiliser pour effectuer une évaluation globale du danger du feu. Cette méthode peut être une formule ou un ensemble de règles; par exemple si le scénario feu peut être évalué comme dans un danger feu à partir de la probabilité relative d'apparition. Cela pourrait être une base pour faire l'évaluation globale d'un risque de feu basé sur plusieurs scénarios feu.
- c) Si l'évaluation du danger du feu n'est pas exprimée directement en termes de morts, de blessures ou de pertes financières, il convient de fournir des lignes directrices sur les autres unités et mesures quantitatives (par exemple, temps d'évacuation disponible en toute sécurité, vitesse de propagation des flammes ou importance de l'incendie).

6.7 Essai consécutif

Lorsque l'on considère le danger d'incendie d'une partie d'un produit électrotechnique, le résultat d'un essai au feu peut indiquer que le feu pourrait se propager à une ou des parties voisines. Des essais ultérieurs peuvent néanmoins être exigés sur les parties voisines. Cela est connu sous le nom d'essai consécutif.

Cet essai consécutif peut être évité au moyen:

- a) d'une reconception du produit pour séparer les parties ou
- b) d'une enveloppe spécifique de la partie en essais ou
- c) d'une reconception de la partie soumise à essai pour améliorer ses performances au feu

7 Etendue et limites de l'évaluation du danger du feu

Au cours de l'évaluation du danger du feu, on rencontrera plusieurs inconnues dans les données et connaissances existantes, ce qui contraindra l'utilisateur à réduire le domaine d'application de l'analyse ou à poursuivre en utilisant des données estimées et/ou des hypothèses non vérifiables. Etant donné que ces considérations affectent la façon dont les futurs utilisateurs appliqueront des normes de produits résultant de l'analyse, il est nécessaire de documenter très soigneusement ces considérations, en particulier, en exposant la nature des produits et le contexte d'utilisation auxquels les produits sont soumis. Les limites exactes de l'évaluation sont rarement évidentes avant que l'évaluation ne soit achevée et ainsi il convient de revoir les produits et le contexte d'utilisation définis à l'origine.

- a) La formulation du scénario feu a-t-elle identifié tous les produits du domaine d'application d'origine qui ne s'adaptent pas au schéma analytique final?
- b) Si c'est le cas, le scénario feu peut-il être modifié pour les concilier ou le domaine d'application du produit doit-il être corrigé pour les exclure?

Cette tentative de description peut être soumise à essai sur une liste de produits qui sont des candidats potentiels pour être inclus dans l'évaluation du danger du feu, en utilisant la procédure décrite dans la Figure 5.

8 Exigences et spécifications de l'essai au feu

Lors de la préparation des exigences et des spécifications d'essai concernant les essais relatifs au danger du feu des produits, il est suggéré aux comités d'études de suivre les procédures ci-après.

- a) Lire et suivre les lignes directrices contenues dans le présent document.
- b) Examiner les procédures d'essai appropriées élaborées pour le ou les paramètre(s) concernés et envisager leur applicabilité possible et leurs limites. Une référence aux publications suivantes de l'IEC sera utile. Elles fournissent un résumé et la pertinence des essais au feu couramment utilisés:

IEC 60695-1-21 (Allumabilité) [1]

IEC/TS 60695-5-2 (Effets des dommages de corrosion des effluents du feu) [2]

IEC 60695-6-2 (Opacité des fumées) [3]

IEC 60695-7-2 (Toxicité des effluents du feu) [5]

IEC 60695-8-2 (Dégagement de chaleur) [7]

IEC 60695-9-2 (Propagation des flammes en surface) [8]

- c) Comparer les caractéristiques pertinentes de performance au feu identifiées dans l'analyse du scénario avec le domaine d'application approprié et la signification des méthodes d'essai existantes.
- d) Si une procédure d'essai existante semble convenir, vérifier que:
- 1) les conditions d'essai adoptées finalement sont le plus possible en rapport avec l'environnement qui est modélisé ou simulé,
 - 2) la validité des données d'essai est relative à la manière d'utiliser et d'installer le produit, ainsi qu'à son association à d'autres produits,
 - 3) la procédure d'essai est acceptable en ce qui concerne la sensibilité, la reproductibilité et la répétabilité et
 - 4) les résultats d'essai sont présentés dans des termes, paramètres et unités faciles à comprendre, donnant une description pleinement objective. Il convient d'éviter toute phraséologie indéfinie, subjective et spéculative.
- e) Si l'on a développé une nouvelle méthode d'essai, quantifier les points essentiels énumérés ci-dessus. D'autres points importants sont le but de l'essai, les limites de l'essai, l'utilisation de l'information qu'il fournit et la facilité d'exécution. Dans les cas où les essais au feu ne sont pas encore spécifiés et nécessitent un développement ou une modification pour les besoins spécifiques d'un comité d'études de l'IEC, il convient que cela soit fait en liaison étroite avec le CE 89 comme décrit dans l'Article 7 du Guide IEC 104:2010. Préparer ensuite la norme pour la méthode d'essai en incluant l'information appropriée sur son champ d'application, ses limites, ses réserves, ainsi que sur l'utilisation des résultats d'essai obtenus. Faire référence, dans la norme, aux méthodes d'essai recommandées chaque fois que possible.

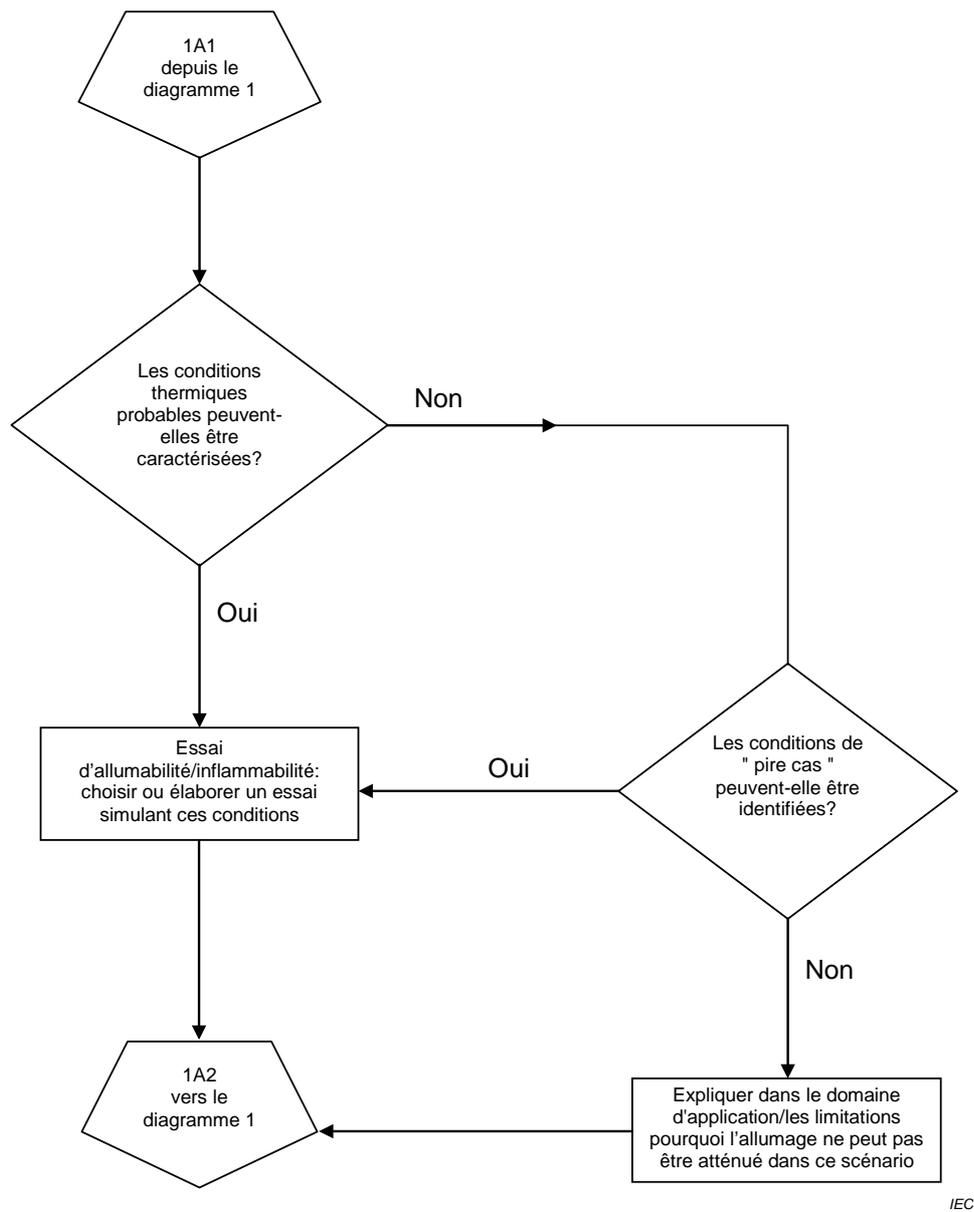
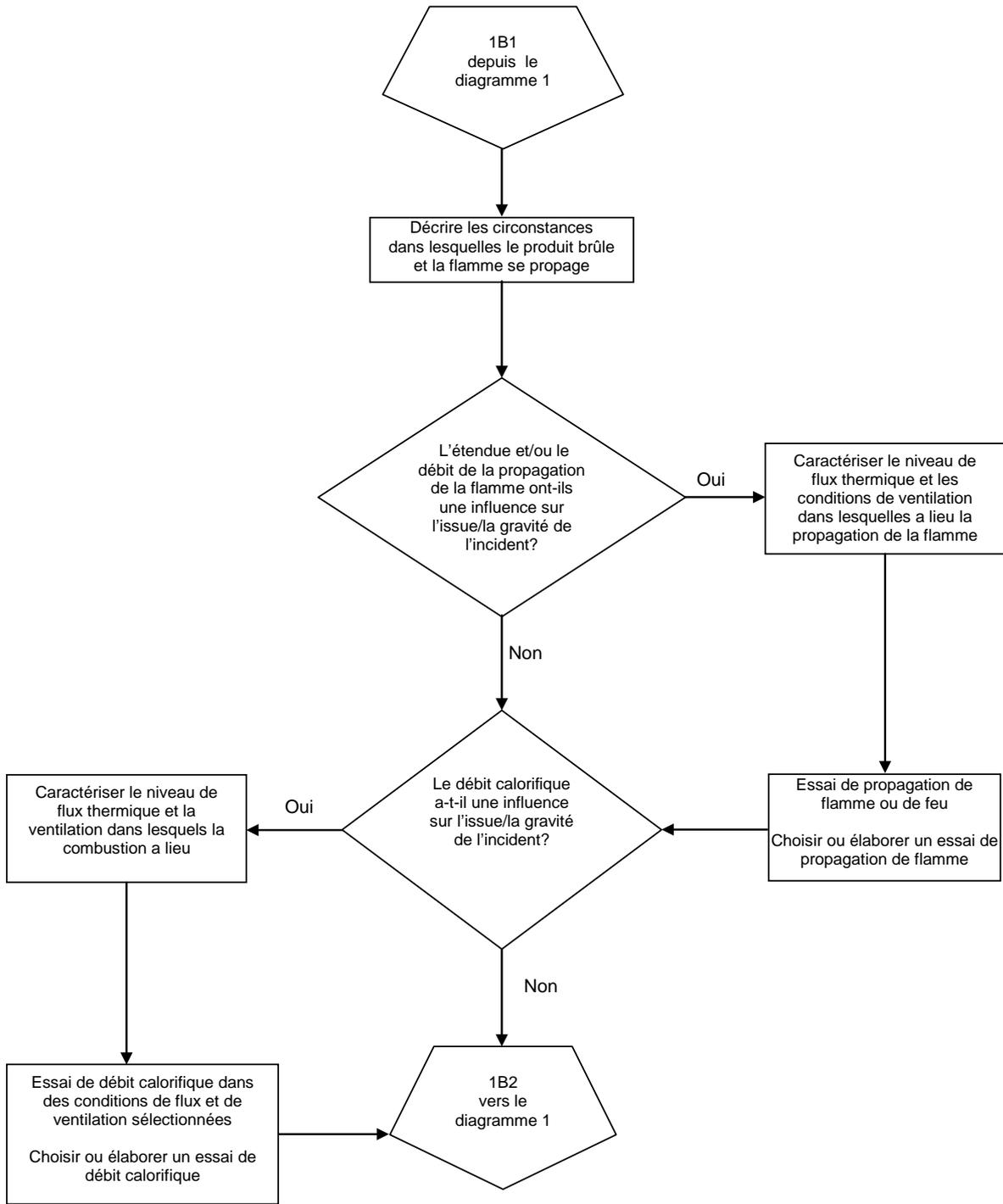
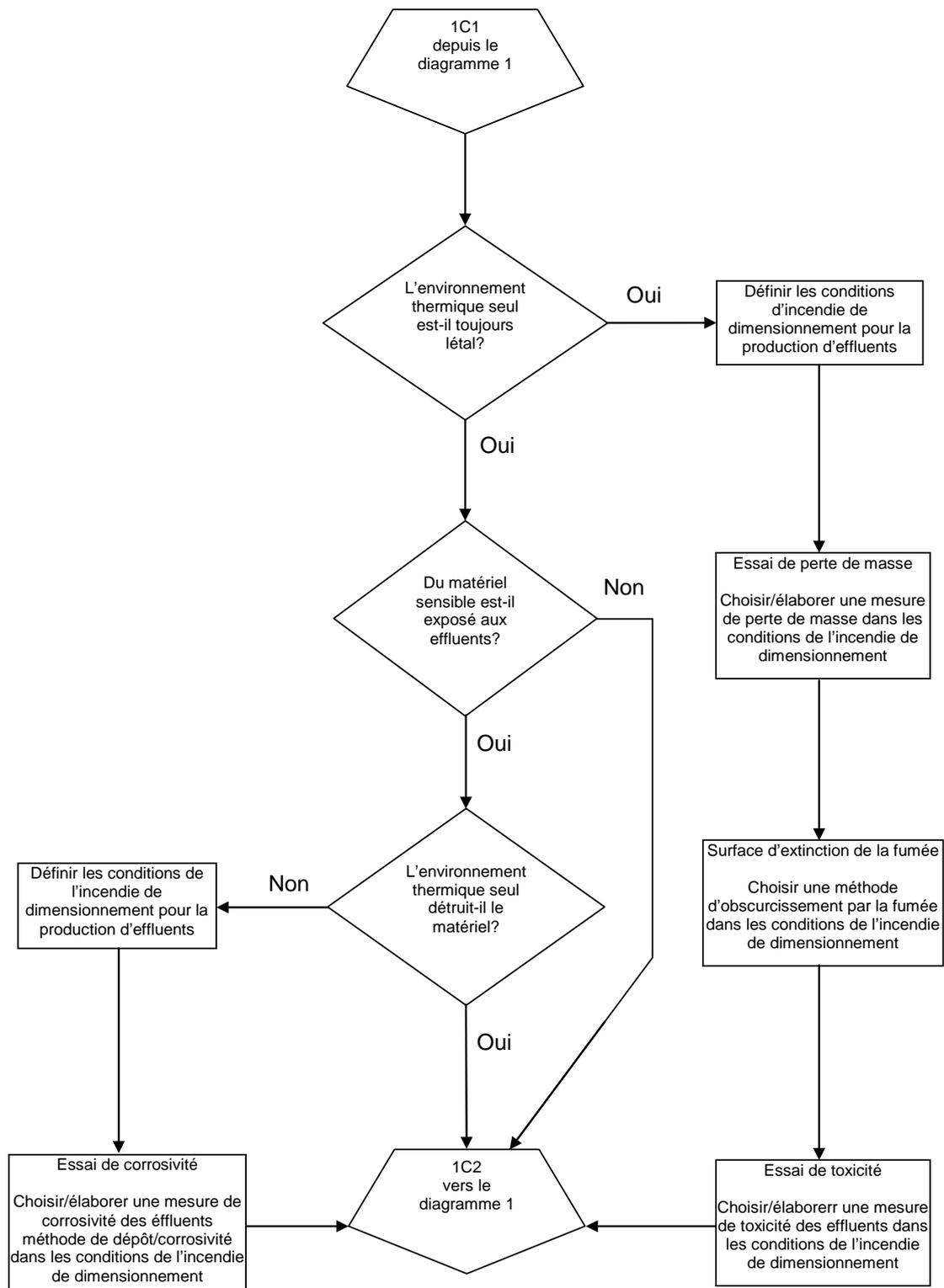


Figure 2 – Diagramme 1A pour l'évaluation de l'allumabilité/inflammabilité



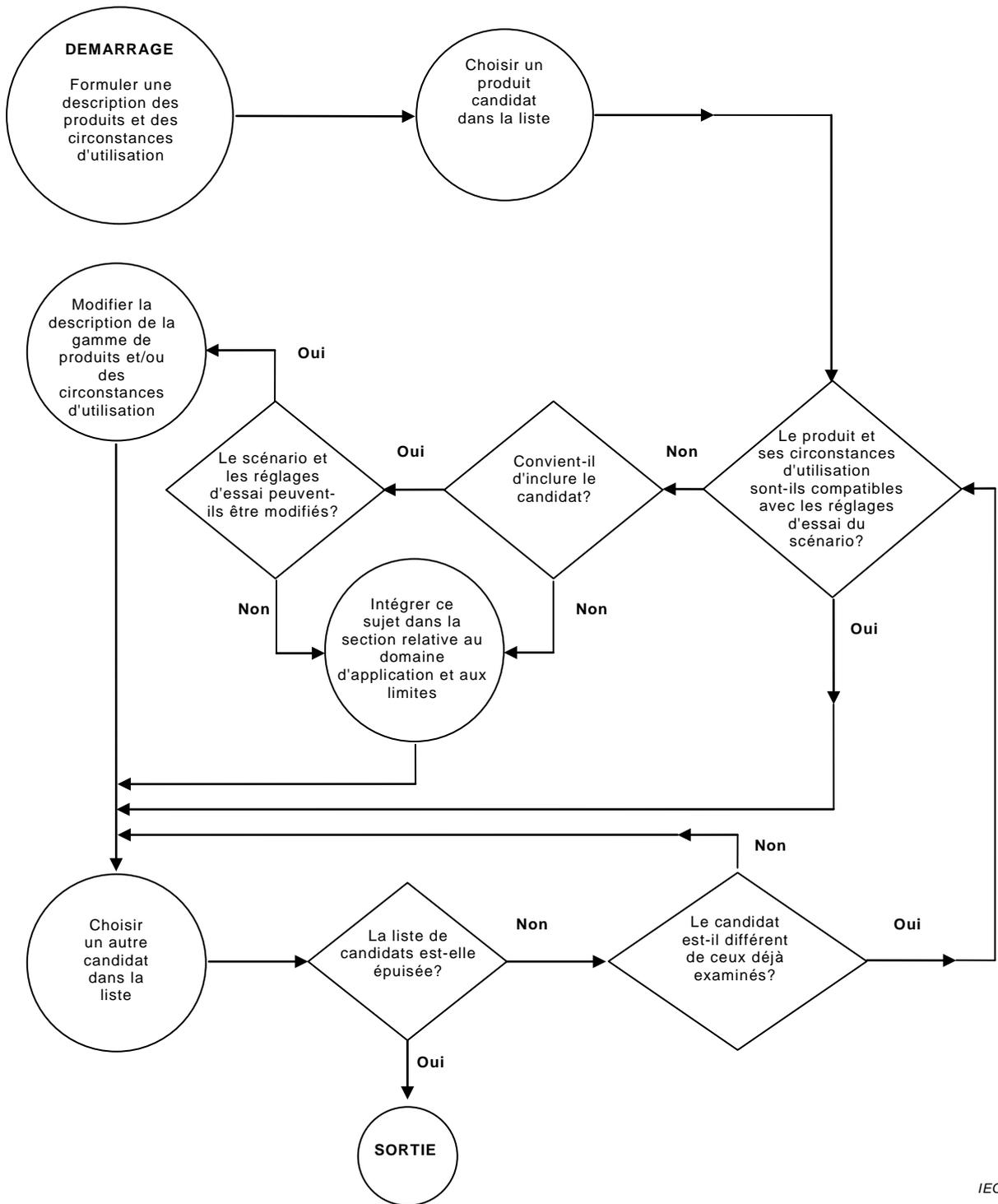
IEC

Figure 3 – Diagramme 1B pour l'évaluation de la propagation de la flamme et du dégagement de chaleur



IEC

Figure 4 – Diagramme 1C pour l'évaluation des effluents du feu



IEC

Figure 5 – Diagramme pour la description de la gamme de produits et des circonstances d'utilisation

Annexe A (informative)

Calcul des valeurs de dégagements toxiques acceptables pour un matériau d'isolation électrique, basé sur un scénario feu hypothétique simple

NOTE Dans cette évaluation du danger du feu, on utilise un modèle qui prédit l'effet incapacitant des effluents toxiques. Ce modèle est décrit dans l'IEC 60695-7-1 [4]. Il diffère du modèle de perte de masse fondé sur la létalité, qui est utilisé dans l'Annexe B.

A.1 Définition du scénario feu

Il faut répondre au moins à six questions pour définir le scénario feu. Ces questions sont:

- a) Qu'est-ce qui brûle?
- b) Quelle en est la quantité qui brûle?
- c) Dans quel volume les effluents du feu sont-ils dispersés?
- d) Quelle est la nature de la courbe de développement du feu?
- e) De quel temps d'évacuation dispose-t-on?
- f) Quel est le modèle de feu – haute ou basse température, bien ventilé ou privé d'oxygène?

Pour observer la façon dont cela peut s'effectuer pratiquement, considérons l'exemple suivant:

Supposons que le carburant soit constitué de 0,5 kg d'un matériau isolant électrique brûlant dans un volume de 100 m³. Le temps d'évacuation est de 15 minutes et la courbe de développement du feu est supposée parabolique, c'est-à-dire qu'elle augmente comme le carré du temps. Le modèle de feu est à haute température et bien ventilé.

A.2 Effluents du feu irritants

A.2.1 Valeurs F

On a découvert qu'avec les gaz irritants l'action incapacitante dépendait de la fraction volumique du gaz mais ne dépendait pas du temps d'exposition.

Les valeurs F sont les fractions volumiques incapacitantes. Pour les valeurs inférieures, une personne exposée peut ressentir un certain inconfort mais il convient qu'elle soit capable d'agir rationnellement pour tenter de s'échapper d'un incendie.

Les valeurs F pour les sept gaz irritants communs d'un incendie sont indiquées dans le tableau A.1.

A.2.2 Equation des produits irritants

Dans le scénario feu envisagé, pour que personne ne subisse d'action incapacitante, l'équation suivante s'applique:

$$\sum \frac{y_i}{X_i} < 1 \tag{A.1}$$

où

y_i est le dégagement toxique du produit irritant i du matériau d'isolation électrique, mesuré lors d'un essai de toxicité à haute température et bien ventilé et les valeurs X_i calculées d'après les valeurs F de produit irritant et les paramètres du scénario feu défini. Celles-ci sont indiquées dans la Colonne 3 du tableau A.1.

NOTE " < 1 " s'applique à une population d'adultes en bonne santé. Un nombre inférieur peut s'avérer approprié pour tenir compte des personnes jeunes, âgées et handicapées.

Tableau A.1 – Valeurs F de produit irritant et valeurs X calculées pour le scénario feu défini

Produit irritant	Valeur $F \times 10^6$	$X / \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$
Acroléine	30	14
Anhydride sulfureux	150	78
Formaldéhyde	250	61
Dioxyde d'azote	250	94
Fluorure d'hydrogène	500	82
Bromure d'hydrogène	1 000	661
Chlorure d'hydrogène	1 000	298
NOTE Les valeurs F sont données dans l'ISO 13571 [13].		

Les valeurs de dégagement toxique acceptables pour le matériau d'isolation électrique seront cependant telles que l'équation A.1 soit satisfaite, en utilisant les valeurs X données dans le Tableau A.1.

Si l'on suppose un scénario différent, les valeurs X seront différentes.

A.2.3 Calcul des valeurs X_i

Les valeurs X_i sont calculées d'après les valeurs F comme suit:

$$X = (V / m) \times \rho \times F \tag{A.2}$$

où

V = le volume de dispersion (100 m³)

m = la masse de carburant brûlé (500 g)

ρ = la densité (à la température et à la pression normales) du gaz toxique

A.3 Effluents du feu asphyxiants

A.3.1 Dose d'exposition

Les deux asphyxiants importants dans les effluents du feu sont le monoxyde de carbone et le cyanure d'hydrogène. Avec les asphyxiants, les effets sont différents de ceux des produits irritants. L'action incapacitante dépend de la dose d'exposition qui est une combinaison de la fraction volumique et du temps d'exposition.

A.3.2 Equation des asphyxiants

Pour obtenir une bonne approximation, l'équation des asphyxiants est la suivante:

$$\frac{y_{\text{CO}}}{X_{\text{CO}}} + \left(\frac{y_{\text{HCN}}}{X_{\text{HCN}}} \right)^3 < 1 \quad (\text{A.3})$$

où

y_{CO} et y_{HCN} sont les dégagements toxiques du monoxyde de carbone et du cyanure d'hydrogène du matériau d'isolation électrique, mesurés lors d'un essai de toxicité à haute température et bien ventilé et les valeurs X_{CO} et X_{HCN} sont calculées comme indiqué en A.3.3 et A.3.4. Ils sont donnés dans le tableau A.2.

Le terme élevé au cube est dû aux effets non linéaires du cyanure d'hydrogène (voir 4.3.2 de l'IEC 60695-7-1:2010).

NOTE " < 1 " s'applique à une population d'adultes en bonne santé. Un nombre inférieur peut s'avérer approprié pour tenir compte des personnes jeunes, âgées et handicapées.

Tableau A.2 – Valeurs X d'asphyxiant calculées pour le scénario feu défini

Asphyxiant	$X / \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$
Monoxyde de carbone	2 140
Cyanure d'hydrogène	50

Les valeurs de dégagement toxique acceptables pour le matériau d'isolation électrique sont cependant telles que l'équation A.3 soit satisfaite, en utilisant les valeurs X données dans le tableau A.2.

Si l'on suppose un scénario différent, les valeurs X seront différentes.

A.3.3 Calcul de X_{CO}

Avec le monoxyde de carbone, la valeur critique d'action incapacitante est une dose d'exposition de $3,5 \% \times 1 \text{ min}$ (= 0,035 min).

Cela signifie par exemple qu'une action incapacitante a lieu avec 3,5 % de CO pendant 1 min ou 0,35 % de CO pendant 10 min ou 0,1 % de CO pendant 35 min.

Dans un incendie, la fraction volumique d'un gaz toxique n'est pas constante mais elle varie avec le temps, de sorte qu'on trouve la dose d'exposition par intégration par rapport au temps. Elle est égale à l'aire située sous une courbe de fraction volumique en fonction du temps.

La dose efficace fractionnaire, FED , est ensuite calculée en divisant la dose d'exposition par la valeur critique de 0,035 min.

Si la valeur *FED* est inférieure à l'unité, on considère alors qu'il est possible de tenter de s'échapper. Cependant, si la *FED* est supérieure à l'unité, on considère alors une action anticapacitante.

Dans le scénario feu défini, avec la courbe de développement du feu en t^2 . $V = 100 \text{ m}^3$ et $m = 500 \text{ g}$; la fraction volumique de CO (ϕ_{CO}) au temps t est donnée par l'équation suivante:

$$\phi_{\text{CO}} = [(4/2 \ 700) \text{ g} \times \text{m}^{-3} \times \text{min}^{-3}] \times [(y / \rho)] \times t^3 \tag{A.4}$$

où

y = dégagement toxique du monoxyde de carbone pour le matériau d'isolation électrique et

ρ = masse volumique (à la température et à la pression normales) du monoxyde de carbone ($1 \ 144 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$).

La dose d'exposition (*ED*) est calculée par intégration entre $t = 0$ et $t = 15 \text{ min}$, ce qui donne l'équation suivante:

$$ED = [18,75 \text{ g} \times \text{m}^{-3} \times \text{min}] \times (y / \rho) \tag{A.5}$$

La valeur X_{CO} est le dégagement toxique qui fournirait une *FED* par unité; elle est calculée comme suit:

$$X_{\text{CO}} = \rho \times F' / (18,75 \text{ g} \times \text{min} \times \text{m}^{-3}) = 2 \ 140 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \tag{A.6}$$

où F' est la valeur critique pour le monoxyde de carbone (0,035 min).

A.3.4 Calcul de XHCN

L'effet du cyanure d'hydrogène est différent de celui du monoxyde de carbone. L'effet dépend toujours à la fois de la fraction volumique et du temps d'exposition, mais la réponse est fortement non linéaire. Pour 0,01 % d'HCN, le temps d'action incapacitante est d'environ 21 min mais au-dessus de 0,04 % d'HCN, l'action incapacitante est presque instantanée. Certains temps d'action incapacitante sont donnés dans le tableau A.3.

Tableau A.3 – Temps d'action incapacitante pour le cyanure d'hydrogène

Fraction volumique d'HCN	Temps d'action incapacitante
0 005 %	69 min
0,01 %	21 min
0 015 %	6,7 min
0,02 %	2,1 min
0,03 %	12 s
> 0,04 %	presque instantané

En raison de cette non-linéarité, le calcul de la *FED* est différent.

Dans le scénario feu défini, avec la courbe de développement du feu en t^2 . $V = 100 \text{ m}^3$ et $m = 500 \text{ g}$; la fraction volumique de HCN (ϕ_{HCN}) au temps t est donnée par l'équation suivante:

$$\phi_{\text{HCN}} = [(4/2\ 700) \text{ g} \times \text{m}^{-3} \times \text{min}^{-3}] \times [(y / \rho)] \times t^3 \quad (\text{A.7})$$

où

y = le dégagement toxique de cyanure d'hydrogène pour le matériau d'isolation électrique et

ρ = masse volumique (à la température et à la pression normales) du cyanure d'hydrogène ($1\ 104 \text{ g} \times \text{m}^{-3}$).

Pour des fractions volumiques inférieures à 30×10^{-6} , la formule suivante est utilisée,

$$FED = \sum_{t_1}^{t_2} (304,4 \text{ min}^{-1} \times \phi_{\text{HCN}}) \times \Delta t \quad (\text{A.8})$$

et pour des fractions volumiques supérieures à 30×10^{-6} , la formule suivante est utilisée

$$FED = \sum_{t_1}^{t_2} \frac{\exp(\phi_{\text{HCN}} / 4,3 \times 10^{-5})}{220 \text{ min}} \times \Delta t \quad (\text{A.9})$$

où

$t_1 = 0 \text{ min}$ et $t_2 = 15 \text{ min}$

Le calcul de la FED s'effectue plus simplement en utilisant un logiciel tableur avec une valeur initiale de dégagement toxique d'HCN de $1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$. Des valeurs de dégagement toxique différentes sont ensuite saisies dans la feuille de calcul pour rechercher quelle valeur donne une FED égale à la valeur critique, c'est-à-dire donne une $FED = 1$. Cette valeur est X_{HCN} et dans ce scénario feu, elle est de $50 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$.

NOTE Un logiciel tableur tel qu'Excel s'est révélé approprié.

A.4 Dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone n'agit pas comme un produit toxique, mais comme un gaz qui provoque une hyperventilation et en conséquence, accentue les effets des asphyxiants: le monoxyde de carbone et le cyanure d'hydrogène.

Si la fraction volumique est supérieure à 2 %, un facteur de multiplication exponentiel, M , est appliqué aux fractions volumiques de monoxyde de carbone et de cyanure d'hydrogène, avant le calcul de la dose d'exposition.

$$M = \exp(\phi_{\text{CO}_2} / 0,05) \quad (\text{A.10})$$

Le tableau A.4 en présente la signification pratique.

Tableau A.4 – Facteurs de multiplication pour le dioxyde de carbone

Fraction volumique de CO ₂	<i>M</i>
< 2 %	1
2,5 %	1,65
3 %	1,82
3,5 %	2,01
4 %	2,23

Il est toutefois peu probable que cela s'applique à la plupart des scénarios feu. Dans un volume de 100 m³, il faut brûler complètement environ 1 kg de carbone en CO₂ pour donner une fraction volumique de 2 %. Ainsi, dans la plupart des scénarios feu y compris celui-ci, on peut ignorer le CO₂.

A.5 Conclusions

Pour les produits irritants, l'équation A.1 s'applique avec les valeurs X_i indiquées dans le Tableau A.1.

Pour les asphyxiants, l'équation A.3 s'applique avec les valeurs X_{CO} et X_{HCN} indiquées dans le Tableau A.2.

Il n'est pas nécessaire de tenir compte du dioxyde de carbone.

Annexe B (informative)

Utilisation de conduits plastiques rigides – Evaluation du danger du feu

B.1 Généralités

Le Conduit Plastique Rigide (RPC, Rigid Plastic Conduit) est un produit électrotechnique utilisé universellement dans les bâtiments publics. Il est exigé que les matériaux spécifiés pour la fabrication des CPR aient une bonne résistance à l'allumage et une très faible propagation de la flamme; par conséquent, ils ont plus de risques d'être victimes d'un feu que d'en être à l'origine.

Les CPR peuvent être une source de chaleur, de fumées et de gaz toxiques. Les techniques d'évaluation du danger du feu décrites dans la présente norme fournissent un moyen de quantifier la contribution supplémentaire de tels produits électrotechniques au danger total du feu.

La présente annexe est un exemple explicatif spécifique des techniques d'évaluation du danger du feu décrites dans cette norme, appliquées à une installation hypothétique de conduits plastiques rigides. Elle quantifie les contributions de tels conduits plastiques quand ils sont exposés aux conditions d'incendie qui peuvent se présenter dans une situation de feu à l'intérieur d'un couloir et d'une alcôve. Une modélisation mathématique d'incendie dans une pièce est utilisée pour prédire les conditions thermiques que les CPR peuvent rencontrer. Alors ces conditions thermiques, avec les propriétés au feu connues des CPR et des autres contenus du bâtiment, peuvent être utilisées pour estimer la contribution des CPR à l'ensemble des conséquences indésirables du feu évalué.

B.2 Termes et définitions

Pour les définitions relatives aux conduits plastiques rigides et aux fils électriques qu'ils contiennent, voir l'IEC 61386-21 [9]. Des définitions supplémentaires applicables à cette Annexe se trouvent dans l'article 3. Les termes et les définitions suivants s'appliquent également dans le cadre de la présente Annexe:

B.2.1 feu d'exposition

feu produisant les conditions thermiques auxquelles le conduit est exposé (également appelé feu source)

B.2.2 combustible(s)

tous produits ou matériaux susceptibles d'être brûlés

B.3 Produits couverts par cette évaluation du danger du feu

Les produits évalués dans la présente annexe sont conformes à l'IEC 61386-21 [9], avec un diamètre extérieur inférieur ou égal à 25 mm.

B.4 Circonstances d'utilisation

B.4.1 Conduits et installation électrique

B.4.1.1 Généralités

Le nombre de circuits et donc la quantité de CPR peuvent varier pour différents bâtiments et installations.

B.4.1.2 Emplacement et quantité de conduits

Le présent exemple est donné pour l'utilisation d'un seul chemin de CPR dans un plan de bâtiment typique. Un diagramme schématique est présenté à la Figure B.1. Un ensemble typique de circuits est contenu dans un seul conduit de 25 mm le long d'un couloir et à partir duquel des chemins latéraux pénètrent dans les chambres. Dans un couloir de 30 m de long, l'ensemble est égal à 21 kg de conduit et de fixations. La présence du conduit et d'accessoires contribue à la charge calorifique dans le bâtiment.

Les conduits dans ou au-dessus des chambres hors du couloir ne sont pas pris en compte dans cette analyse parce que, pour quitter le couloir, il faut que les conduits traversent un mur coupe-feu. La même règle s'applique dans le sens opposé: il faut qu'un incendie débutant dans une chambre traverse un mur ou une porte coupe-feu pour entrer dans le couloir.

B.4.1.3 Installation électrique à l'intérieur des conduits

Pour les besoins du présent exemple explicatif, on admet que les fils électriques dans le conduit plastique sont protégés des effets thermiques de l'incendie jusqu'à ce que le conduit soit effectivement consumé, ce qui se produit après la période d'intérêt. Donc, les effets de l'installation électrique ne sont pas pris en considération en détail.

B.4.2 Construction du bâtiment

La présente analyse est limitée aux bâtiments construits avec des matériaux non combustibles. Les propriétés thermiques des murs et des plafonds du bâtiment ont une influence majeure sur les effets du feu. Le type le plus commun est du béton ou de la maçonnerie, bien qu'une construction avec revêtement de plâtre soit aussi employée. Les calculs ont été effectués avec les deux types de construction. Une construction typique pourrait être un revêtement de plâtre du couloir jusqu'à la hauteur normale du plafond, mais avec, à la portion supérieure du couloir, un fini de maçonnerie, de béton ou de matériau similaire qui peut absorber une grande quantité de chaleur. Dans de tels cas, les conditions de l'incendie seraient quelque part entre celles présentées pour des couloirs totalement en béton/maçonnerie et des couloirs totalement recouverts de plâtre.

B.5 Scénarios feu

Les conditions choisies comme scénario prototype pour l'exposition de CPR à un feu en développement sont résumées dans le tableau B.1. Les feux commencent généralement lorsqu'une petite source d'allumage, telle qu'une cigarette jetée ou une mauvaise connexion électrique, allume une source substantielle de combustible. Dans ce cas, le feu d'exposition a été choisi pour être caractéristique de l'embrasement de mobilier (voir tableau B.1). Le feu dans le mobilier (le feu d'exposition) croît rapidement et atteint un pic de 3,0 MW, remplissant la partie haute du couloir et de l'alcôve avec un effluent chaud. Toute la longueur du conduit est exposée à la couche chaude; la partie au voisinage du feu est exposée également au rayonnement des flammes. Les effluents en provenance du conduit et du feu d'exposition sont mélangés; le caractère de l'effluent résultant est évalué.

Tableau B.1 – Résumé des renseignements du scénario

Compartment		
Site:	Intérieur de couloir et d'alcôve	
Dimensions:	Couloir: 30,1 m × 2,4 m × 3,0 m Alcôve: 4,3 m × 4,3 m × 3,0 m	
Revêtement mural:	Bloc béton	Revêtement plâtre
Épaisseur du mur:	100 mm	16 mm
Feu d'exposition (mobilier) – Source du feu		
Emplacement:	Dans l'alcôve au milieu du couloir	
Profil d'intensité:	300 kW à 100 s 3,0 MW à 200 s 3,0 MW à 275 s 300 kW à 450 s 100 kW à 1 200 s	
Propriétés du combustible:	Coussins rembourrés Masse: 42 kg Potentiel calorifique réel: 20 MJ/kg Puissance toxique de la fumée: 810 mg × min/l Surface spécifique d'extinction de la fumée: 580 m ² /kg	
Conduit * – Victime du feu		
Longueur:	45,5 m	
Diamètre:	25 mm extérieur	
Propriétés du combustible:	Thermoplastique sans charge Masse: 21,3 kg (comprenant une allocation de 2,2 kg pour connecteurs et boîtiers) Potentiel calorifique réel: 16 MJ/kg Puissance toxique de la fumée: 840 mg × min/l Surface spécifique d'extinction de la fumée: 690 m ² /kg	
* Les propriétés des fils électriques ne sont pas comprises (voir B.4.1.3).		

B.6 Comportement au feu approprié

B.6.1 Généralités

Presque toute l'énergie calorifique est fournie par le feu d'exposition. Les conditions thermiques en moyenne spatiale (température et flux thermique) dans la couche supérieure chaude en provenance de ce feu peuvent être estimées à partir de modèles feux utilisant le profil de dégagement de chaleur du feu d'exposition et les propriétés thermiques du couloir. La vitesse de décomposition (perte de masse) du conduit, lorsqu'il est exposé aux conditions thermiques dans le couloir, peut être obtenue à partir de l'estimation du flux thermique par le modèle, couplée avec des mesures en laboratoire de la vitesse de décomposition du conduit en fonction du flux thermique imposé. Une fois que les vitesses de perte de masse du conduit et des autres objets en combustion sont connues, leur contribution relative à l'effluent du feu peut être évaluée. (La contribution des fils électriques dans le conduit n'a pas été prise en considération.)

B.6.2 Modélisation du feu d'exposition

Pour calculer les conditions du feu dans le couloir à partir du feu d'exposition, une version simplifiée du code informatique incendie Harvard V [22] a été utilisée. Ce modèle est l'un des nombreux moyens documentés similaires pour la simulation d'un feu de local en développement, appelés "modèles de zone", qui considèrent le feu comme divisé en trois zones homogènes séparées: le panache du feu, la couche supérieure chaude légère et la couche inférieure relativement froide. Le code Harvard utilisé calcule le flux irradiant une cible sur le mur dans la couche supérieure. Pour prendre en compte l'effet du rayonnement des flammes sur le conduit à proximité du feu, le conduit a été divisé en quinze segments d'égale longueur (d'environ 2 m de long chacun) et le rayonnement des flammes au centre de chaque segment a été calculé, puis cette valeur a été ajoutée au flux reçu par le conduit à partir de la couche supérieure. Le conduit près du feu, c'est-à-dire à moins de 2 m, a reçu un rayonnement significatif des flammes; le reste du conduit a reçu un rayonnement presque exclusivement à partir de la couche supérieure. Deux calculs ont été effectués: l'un pour le couloir revêtu d'une couche de plâtre de 16 mm d'épaisseur et l'autre pour le béton de 100 mm d'épaisseur. La température moyenne de la couche supérieure, due au feu d'exposition, est présentée en fonction du temps aux Figures B.2 et B.3. La température moyenne de la couche supérieure et le flux associé de chaleur radiante sur le conduit (voir Figures B.4 et B.5) sont tous les deux significativement plus élevés pour le revêtement de plâtre que pour le béton.

B.6.3 Prédiction de perte de masse du conduit

Les Figures B.6 et B.7 présentent les vitesses de perte de masse comparatives du mobilier et du conduit dans des couloirs revêtus de béton et de plâtre respectivement. Le flux thermique atteignant le conduit, présenté aux Figures B.4 et B.5, a été utilisé en conjonction avec les données de vitesse de perte de masse du conduit pour tracer les courbes de vitesse de perte de masse des Figures B.6 et B.7. Le conduit près du feu d'exposition est complètement détruit au cours de l'incendie, ce qui fait décroître quelque peu la vitesse de perte de masse lorsque le feu progresse.

Comme le montre un examen des Figures B.6 et B.7, on prévoit que le conduit continue à perdre de la masse dans l'intervalle de temps étudié. La vitesse de perte de masse décroît seulement lorsqu'un segment est consumé et ne retourne à zéro que lorsque tout le conduit est complètement consumé. En fait, on s'attend à ce que le flux dans la couche supérieure du couloir décroisse une fois le mobilier consumé et que le conduit s'arrête très probablement de brûler puisque le flux imposé est réduit. Le résultat net est que la vitesse de perte de masse du conduit aux Figures B.6 et B.7 est surévaluée, spécialement après 800 s, lorsqu'il ne reste qu'un faible flux thermique radiante externe pour entretenir sa décomposition.

B.7 Résultats

B.7.1 Comparaison des feux avec et sans CPR

Le CPR analysé peut être allumé, mais, pour continuer à brûler une fois allumé, il exige généralement de la chaleur d'une autre source, telle que le feu d'exposition. Pour cette raison, le CPR est considéré dans cette analyse comme ne brûlant que si le feu d'exposition brûle également. La comparaison est donc à effectuer entre les conséquences des feux avec et sans CPR.

B.7.2 Evaluation de la contribution du CPR à l'augmentation de température

Le conduit ne commence pas à contribuer au danger thermique avant qu'il ne s'allume. Cela se produit à environ 250 s (voir Figures B.6 et B.7). A ce moment, la température de la couche supérieure chaude de l'effluent du feu dépasse 300 °C (voir Figures B.2 et B.3); la couche a presque rempli la pièce et le couloir. Cette température serait immédiatement létale pour les personnes exposées.

Le débit calorifique du CPR à 300 s est de 100 kW à 150 kW, c'est-à-dire 3 % à 5 % de l'intensité totale du feu. La différence en température produite par cette petite augmentation est d'environ 3 °C, ce qui n'a virtuellement pas d'impact sur la sévérité des conditions thermiques.

B.7.3 Evaluation de la contribution du CPR à la production de fumée

La visibilité à travers la fumée est diminuée par la diffusion et l'atténuation de la lumière. Une relation approchée est donnée par:

$$D(t) \approx \frac{3V}{M_f(t)\sigma_f + M_c(t)\sigma_c}$$

où

$D(t)$ est la distance approximative en mètres (m) à laquelle la lumière réfléchie est visible au temps t ;

V est le volume du couloir et de l'alcôve en mètres cubes (m³);

$M_f(t)$ est la masse de mobilier en kilogrammes (kg) perdue (brûlée) au temps t ;

$M_c(t)$ est la masse de conduit en kilogrammes (kg) perdue (brûlée) au temps t ;

σ_f est la surface d'extinction spécifique de la fumée venant du mobilier en mètres carrés par kilogramme (m²/kg);

σ_c est la surface d'extinction spécifique de la fumée venant du conduit en mètres carrés par kilogramme (m²/kg).

Les valeurs de $M_f(t)$ et de $M_c(t)$ sont obtenues en intégrant les courbes dans les Figures B.6 ou B.7 de zéro à toute valeur souhaitée de t . Les surfaces d'extinction spécifiques sont prises dans le tableau B.1.

Il est instructif de calculer $D(t)$ à 250 s, à un point de l'incendie où le CPR commence tout juste à contribuer à l'augmentation de la fumée. Ce faisant, on obtient un résultat de 0,09 m. Une évacuation aidée par la vue requiert que la visibilité soit de l'ordre de plusieurs mètres. Par conséquent, pour les besoins de l'évacuation, la vision est virtuellement neutralisée par la fumée du mobilier seul avant que le CPR ne soit impliqué dans l'incendie; et une évacuation dirigée par la vue est déjà impossible. La fumée produite par la suite, soit par le CPR soit par le mobilier, a peu d'impact sur le danger de l'obscurcissement par la fumée qui a déjà atteint un niveau élevé inacceptable.

B.7.4 Evaluation de la contribution de CPR à la production d'effluents toxiques

Dans cette évaluation du danger du feu, on a utilisé un modèle qui prédit la létalité des effluents toxiques. On a utilisé le modèle de perte de masse de la *FED* (fractional effective dose, dose effective fractionnelle) décrite en 5.2.5 de l'IEC 60695-7-3:2011 [6].

NOTE Celle-ci diffère du modèle d'incapacitation plus complexe qui a été utilisé à l'Annexe A.

La *FED* totale récapitule les contributions des divers objets en combustion pour évaluer les conditions toxiques globales.

FED totale = contribution du mobilier + contribution du conduit:

$$TotalFED = \frac{\int_0^t M_f \times dt}{V \times LCt_{50f}} + \frac{\int_0^t M_c \times dt}{V \times LCt_{50c}}$$

où

- FED* totale est la fraction de la dose létale de fumée que les personnes exposées subiraient au temps *t*;
- V* est le volume du couloir et de l'alcôve;
- M_f*, *M_c* sont la masse de mobilier perdue (brûlée) au temps *t* et la masse de conduit perdue (brûlée) au temps *t*, respectivement;
- LCt_{50f}*, *LCt_{50c}* sont les doses létales de la fumée, déterminées par des mesures d'essai de puissance toxique, obtenues à partir du mobilier et du conduit, respectivement.

M_f et *M_c* sont obtenues en intégrant les courbes de vitesse de perte de masse pour le mobilier et le conduit, présentées aux Figures B.6 et B.7. Les valeurs utilisées pour la puissance toxique ont été obtenues avec l'essai de toxicité NBS [23]. Les Figures B.8 et B.9 présentent la croissance de la dose toxique *FED* en fonction du temps pour les constructions avec murs en béton et en plâtre. Dans les deux cas, la dose toxique atteint la valeur unité, signifiant la mort des personnes exposées, à environ 600 s.

Tableau B.2 – Temps d'apparition de conditions très dangereuses dans les couloirs du bâtiment

Danger	Murs de plâtre – temps en s	Murs en béton – temps en s
Température létale ¹⁾	190	220
Toxicité létale ²⁾	600	600
Visibilité nulle à travers la fumée ³⁾	150	150
¹⁾ Couche supérieure ≥ 1 m d'épaisseur et ≥ 300 °C ²⁾ <i>FED</i> = 1,0 ³⁾ Couche supérieure ≥ 1 m d'épaisseur et visibilité ≤ 1,0 m		

Le Tableau B.2 donne les temps auxquels se produiraient les conditions qui empêcheraient l'évacuation: température létale ou toxicité létale de l'effluent du feu. Est aussi donné le temps auquel la fumée est effectivement opaque, bloquant de cette façon l'évacuation dirigée par la vue. Il faut que les occupants aient quitté le couloir dans les 190 s à 220 s après l'allumage pour éviter de succomber à la température élevée. On pourrait dire en fait, qu'il convient que l'évacuation soit complète dans les 150 s pour éviter d'être piégé dans l'environnement fortement enfumé.

Comme on peut le voir dans les figures B.8 et B.9, quand une *FED* létale (c'est-à-dire *FED* égale à l'unité) est atteinte à 600 s, la contribution du conduit est encore très petite. Après 1 200 s ou 20 min, le conduit a contribué à environ 7 % de la *FED* dans le cas de murs en béton et à environ 23 % dans le cas de murs en plâtre. La contribution du conduit au danger toxique est donc faible durant la période étudiée et devient significative seulement bien après que les personnes exposées aient déjà reçu une dose létale d'effluent en provenance du mobilier, même après que les conditions thermiques ont atteint la létalité.

B.8 Interprétation des résultats – Signification et précision

Bien qu'il y ait un grand nombre de variantes potentielles dans le scénario feu du couloir décrit ci-dessus, on peut montrer que d'autres hypothèses raisonnables produisent des résultats similaires à ceux présentés ou représentent des situations dans lesquelles les conséquences du feu sont moins néfastes que celles présentées ici. La première variante retenant l'attention est la probabilité que le feu se produise dans un espace plus petit que le couloir de 30 m de l'hypothèse étudiée. Dans un tel cas, la température dans la partie supérieure serait plus élevée, menant à une décomposition plus rapide du conduit. Cependant, dans le même temps, la fumée en provenance du mobilier en feu serait proportionnellement plus concentrée, la mort se produirait même plus tôt que les 10 min prévues dans le présent scénario feu. Dans le couloir étudié, les températures atteignent un

niveau létal, 300 °C en à peu près 200 s ou 3,5 min après l'allumage. Une augmentation plus rapide de la température, telle qu'on la vérifie dans un compartiment plus petit, amènerait encore plus tôt à une mort thermique. C'est également vrai pour la toxicité. Par conséquent, il est difficile de voir comment une pièce plus petite changerait matériellement la cause de la mort pour les personnes malheureusement soumises à un tel incendie.

Des arguments semblables s'appliquent si, au lieu de commencer dans le couloir, le feu a son origine dans une salle desservie par le couloir. Dans ce cas, un embrasement éclair pourrait se produire, mais la quantité de conduit ajoutée à ce qu'il y a dans la salle (approximativement 1,3 m) est négligeable. Le conduit dans le couloir serait exposé aux gaz chauds sortant de la salle, avec décomposition correspondante. Cependant, l'embrasement de la porte diminuerait la taille de l'incendie de la même manière que pour du mobilier brûlant librement dans le couloir [24], de sorte que les conditions thermiques du couloir ne seraient pas sensiblement différentes de celles calculées dans le présent exercice. Evidemment, une charge accrue de combustible dans la salle permettrait au feu de continuer plus longtemps que celui dû à une seule pièce de mobilier dans le couloir, mais les effets toxiques d'un tel feu seraient encore pires, puisque le combustible de la salle continuerait à être produit pendant la durée du feu, là où il ne dure que 500 s environ. On peut s'attendre à ce que le conduit, traité ici comme découvert, soit en fait souvent dissimulé, protégé par une paroi ou par un fini de plafond. Ces circonstances ont déjà été abordées [25] et il a été établi qu'une protection retardait l'implication du conduit jusqu'à bien après que les conditions ont été dominées par l'incendie de la salle.

Bien que les techniques appliquées ici soient maintenant bien documentées, l'évaluation du danger du feu reste un champ relativement nouveau et le résultat final n'est pas meilleur que les essais et les hypothèses sur lesquels repose la méthode. Il n'y a pas de consensus sur la bonne méthode de détermination de la puissance toxique et différentes méthodes donnent souvent des résultats différents. Dans le cas présent, on a utilisé des données obtenues à partir de l'essai NBS de toxicité des fumées [23], mais les mêmes techniques peuvent être utilisées avec des données de puissance toxique à partir d'autres essais. Lorsqu'on répète le même exercice que celui qui a produit les Figures B.8 et B.9, en utilisant des données de LCt_{50} à partir d'un essai différent [25], [26], le temps de létalité prédit est de 500 s, par opposition à 600 s en utilisant les données originales. Encore une fois, c'est avant que le conduit ne soit impliqué. En raison des grandes incertitudes de tout essai de puissance toxique, il semble peu probable que les différences observées soient significatives, particulièrement dans les feux réels.

Cette analyse a été effectuée comme si beaucoup de dispositifs modernes de sécurité incendie n'existaient pas; elle présente donc des conditions plus sévères que celles qui risquent de se produire dans un cas réel. En particulier, l'analyse s'effectue dans les hypothèses suivantes, (dont beaucoup sont contraires à la réalité):

- il n'y a pas de sprinklers automatiques ou autres appareils pour arrêter un feu se développant dans une première étape;
- aucun appareil de détection n'est présent pour garantir une alarme au début du feu;
- il n'y a pas de limitation de débit calorifique ou de charge calorifique des objets utilisés contenus dans le bâtiment;
- le CPR est supposé installé là où il est directement exposé au feu, en dépit du fait qu'il est souvent installé derrière une plaque de plâtre ou autre barrière similaire.

B.9 Conclusions

L'application des méthodes de la présente norme aux CPR mène aux conclusions suivantes:

- a) il est exigé un incendie sévère pour impliquer d'appréciables quantités du conduit;
- b) dans les scénarios étudiés, l'exposition au feu lui-même est suffisante pour causer la mort avant que le conduit ne soit impliqué si quelqu'un est exposé sans protection à ses effets;

c) même si le conduit ne cesse pas de brûler de lui-même après que le feu d'exposition s'est épuisé, il contribue seulement à une petite fraction de la charge toxique totale pour les personnes exposées.

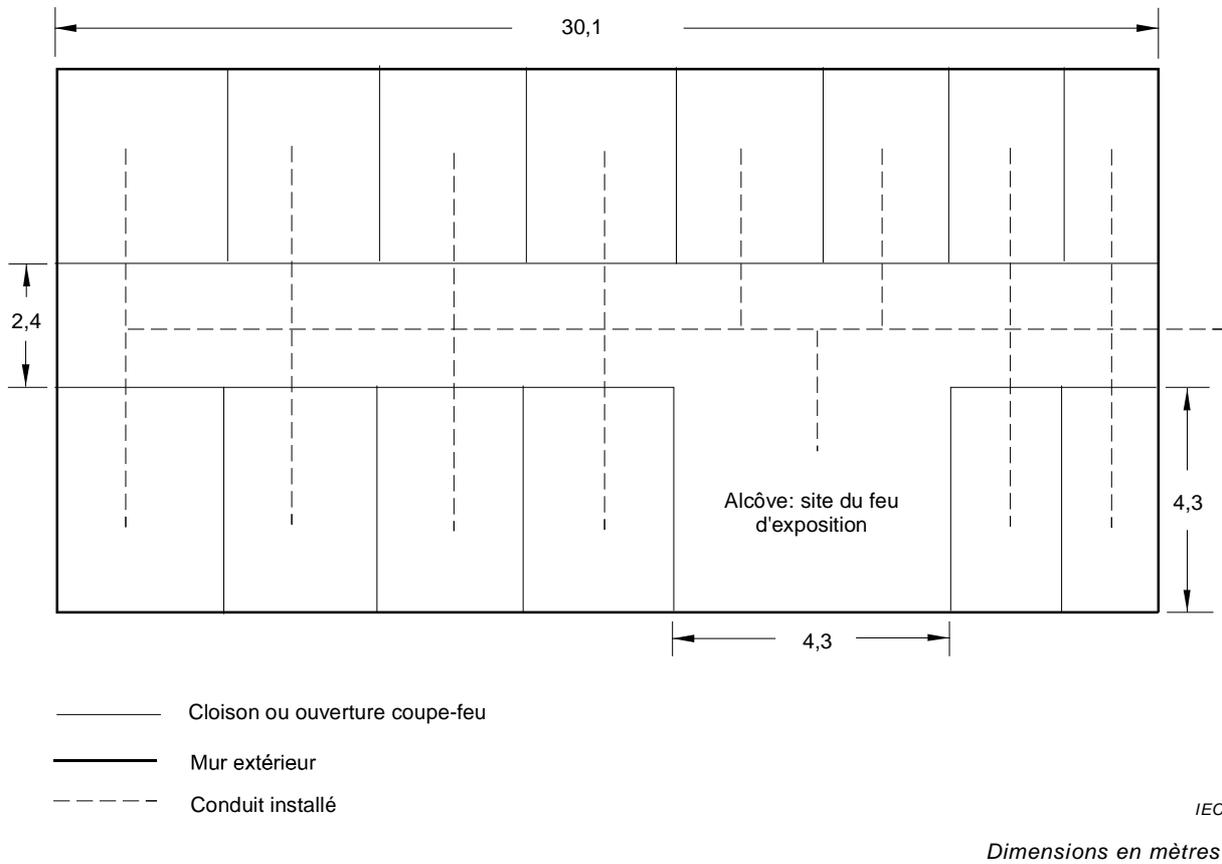


Figure B.1 – Schéma de l'installation du conduit

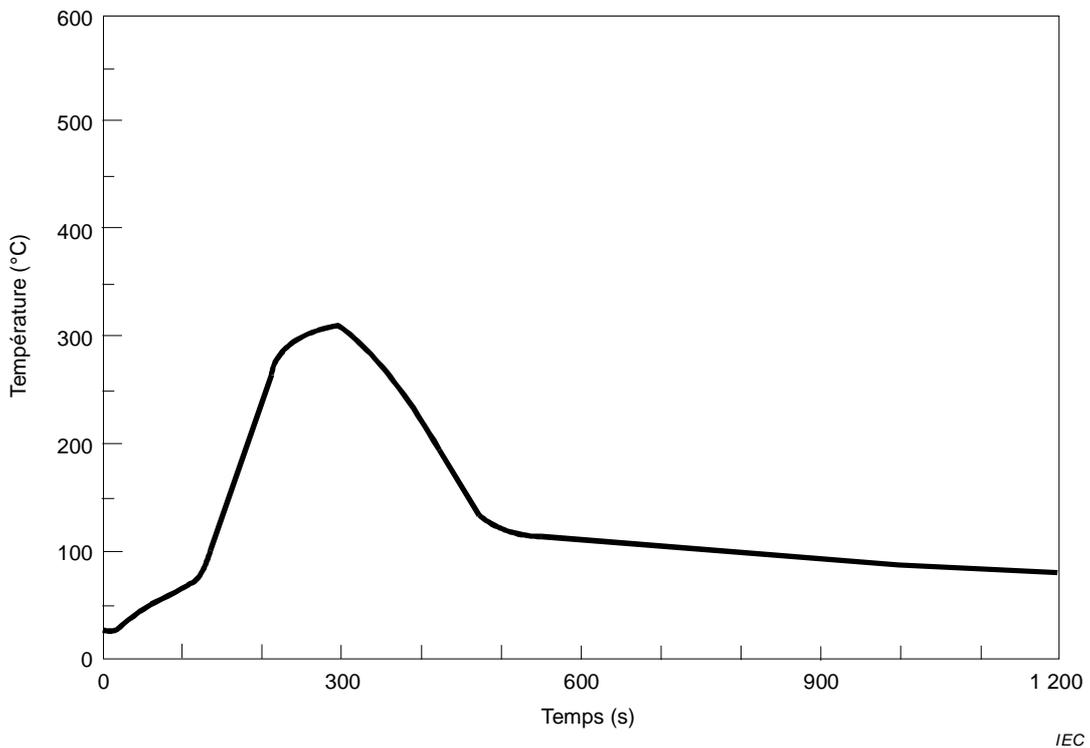


Figure B.2 – Température de la couche supérieure du couloir (mur en béton)

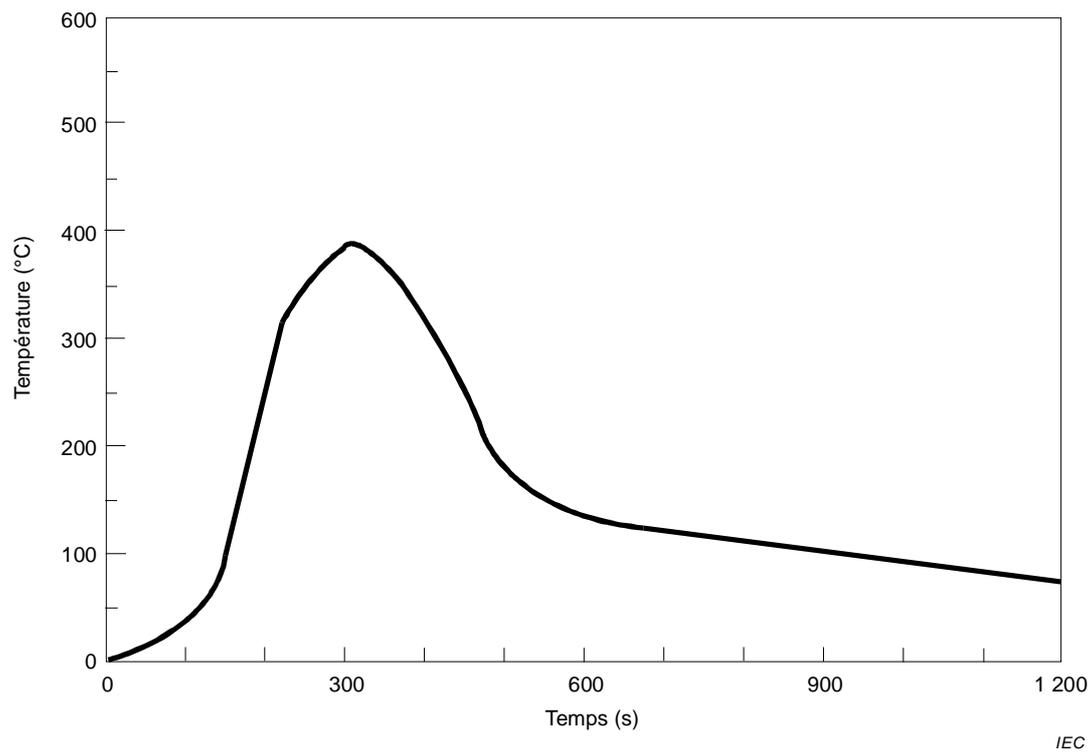


Figure B.3 – Température de la couche supérieure du couloir (mur en plâtre)

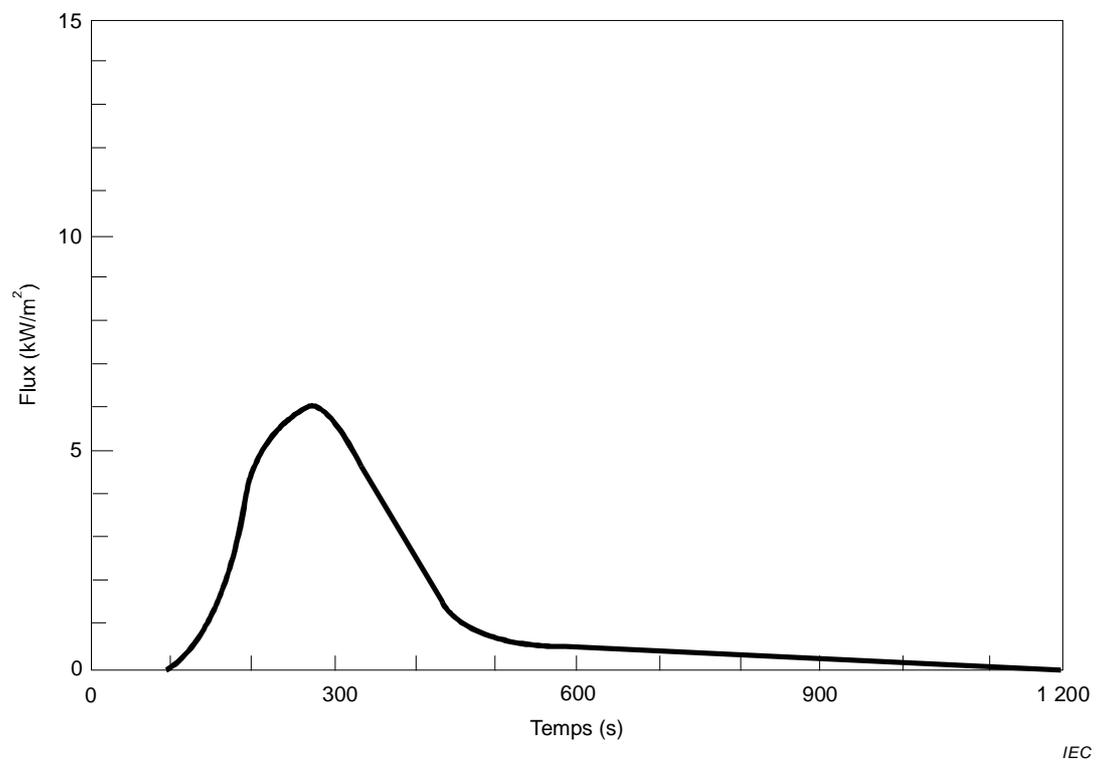


Figure B.4 – Flux mesuré à 2 m du conduit (mur en béton)

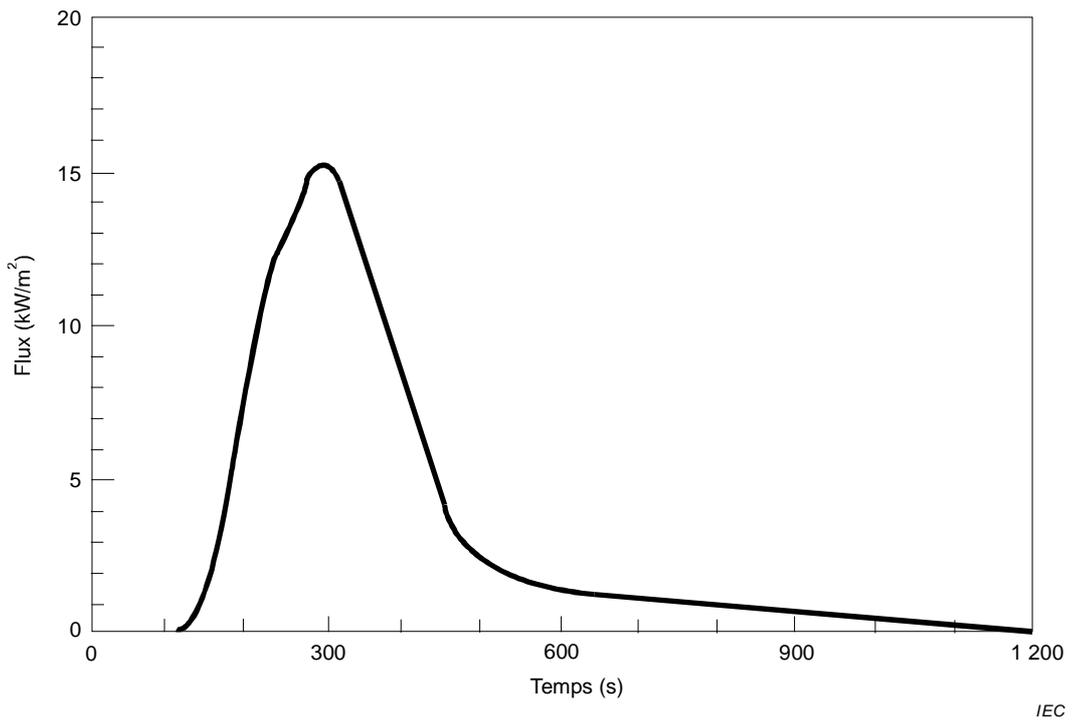


Figure B.5 – Flux mesuré à 2 m du conduit (mur en plâtre)

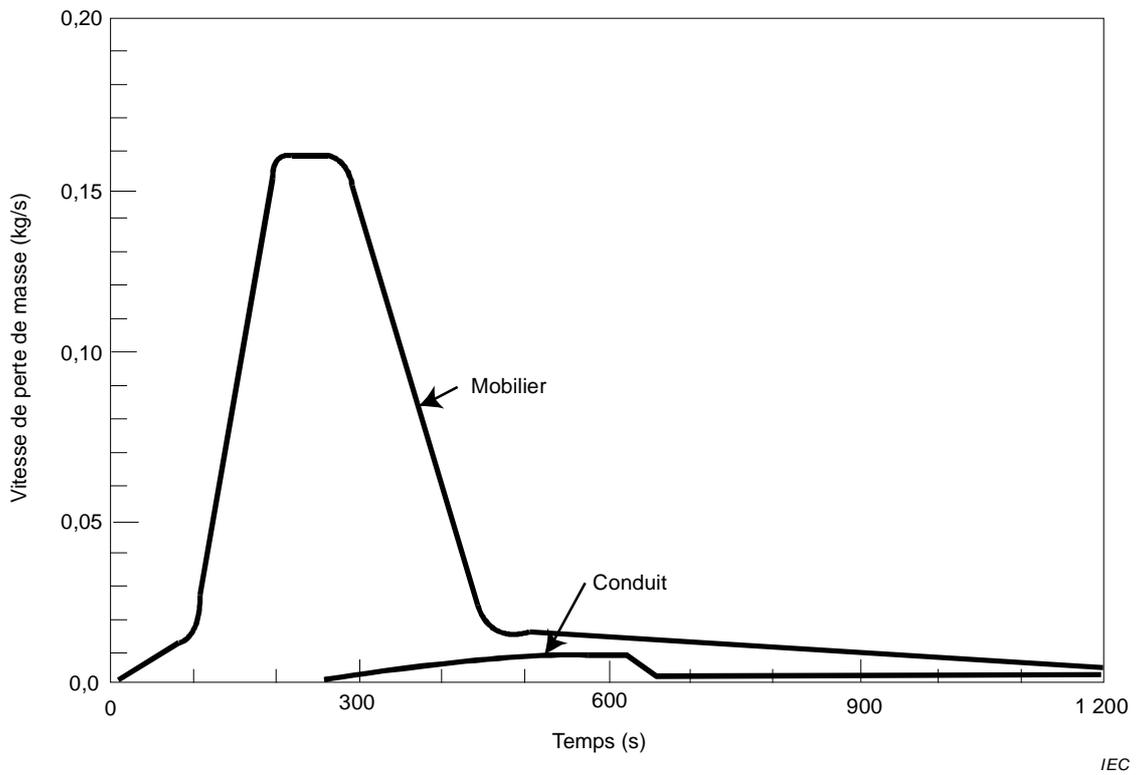


Figure B.6 – Vitesses comparées des pertes de masse du mobilier et du conduit (mur en béton)

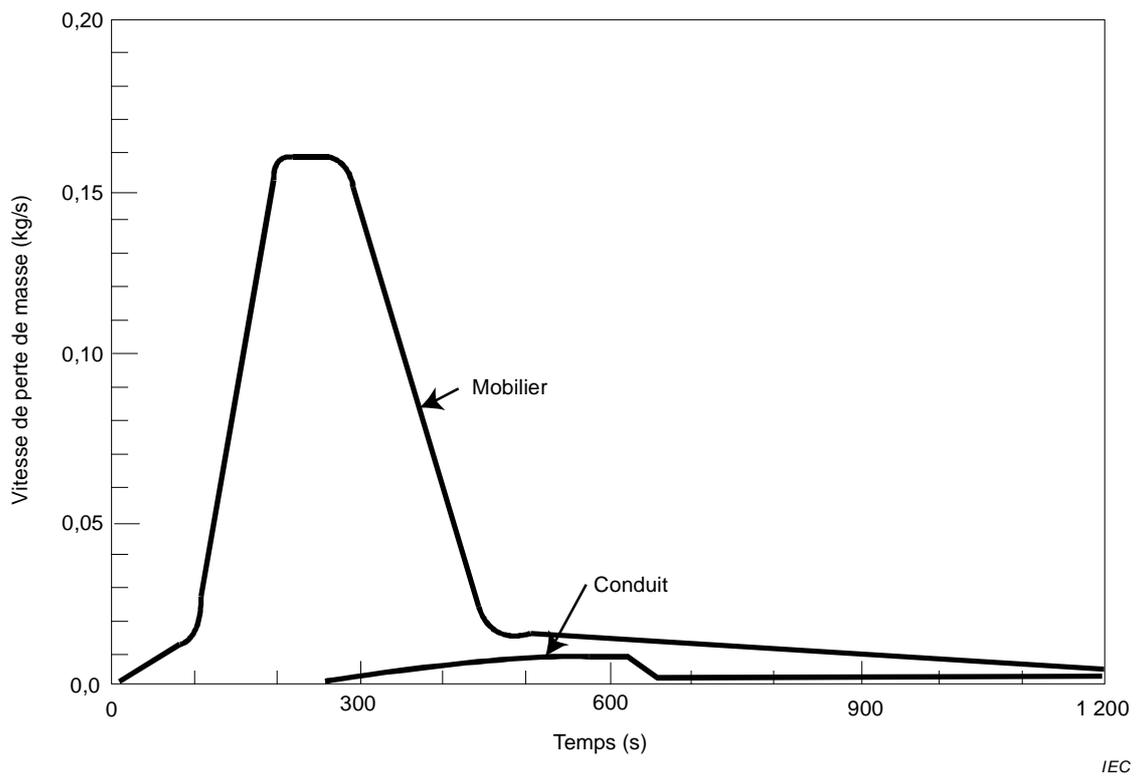


Figure B.7 – Vitesses comparées des pertes de masse du mobilier et du conduit (mur en plâtre)

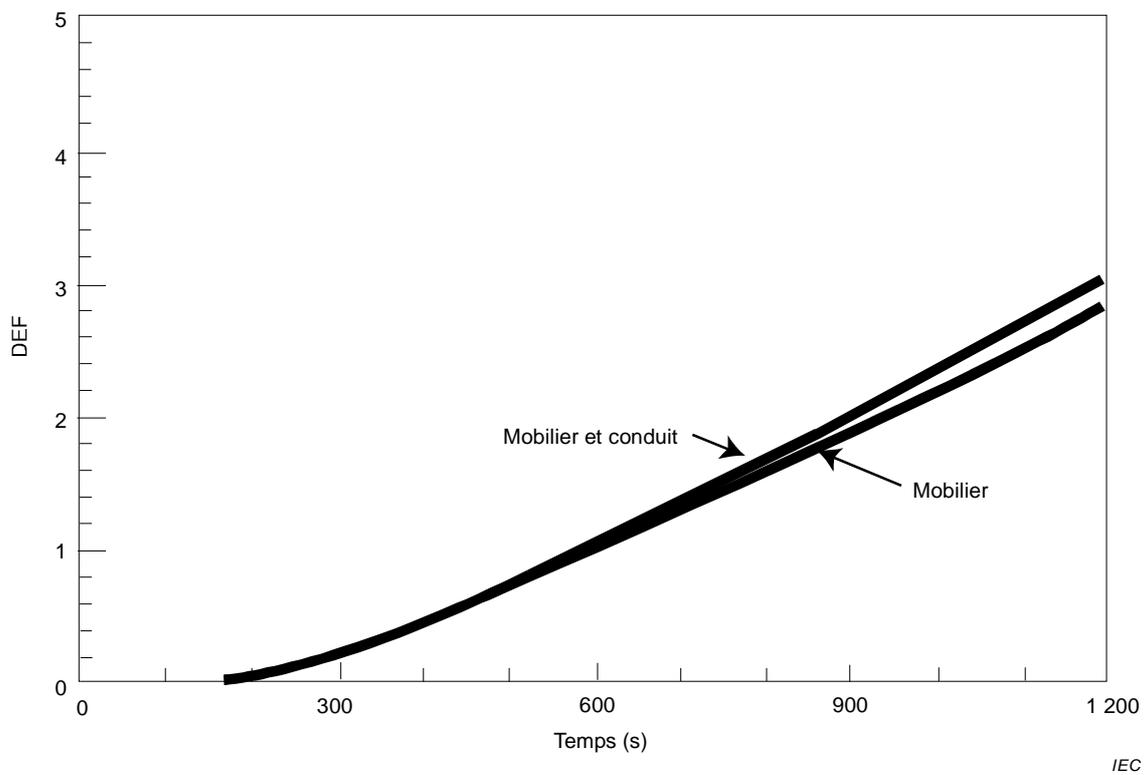


Figure B.8 – Montée relative de la toxicité due au conduit exposé (mur en béton)

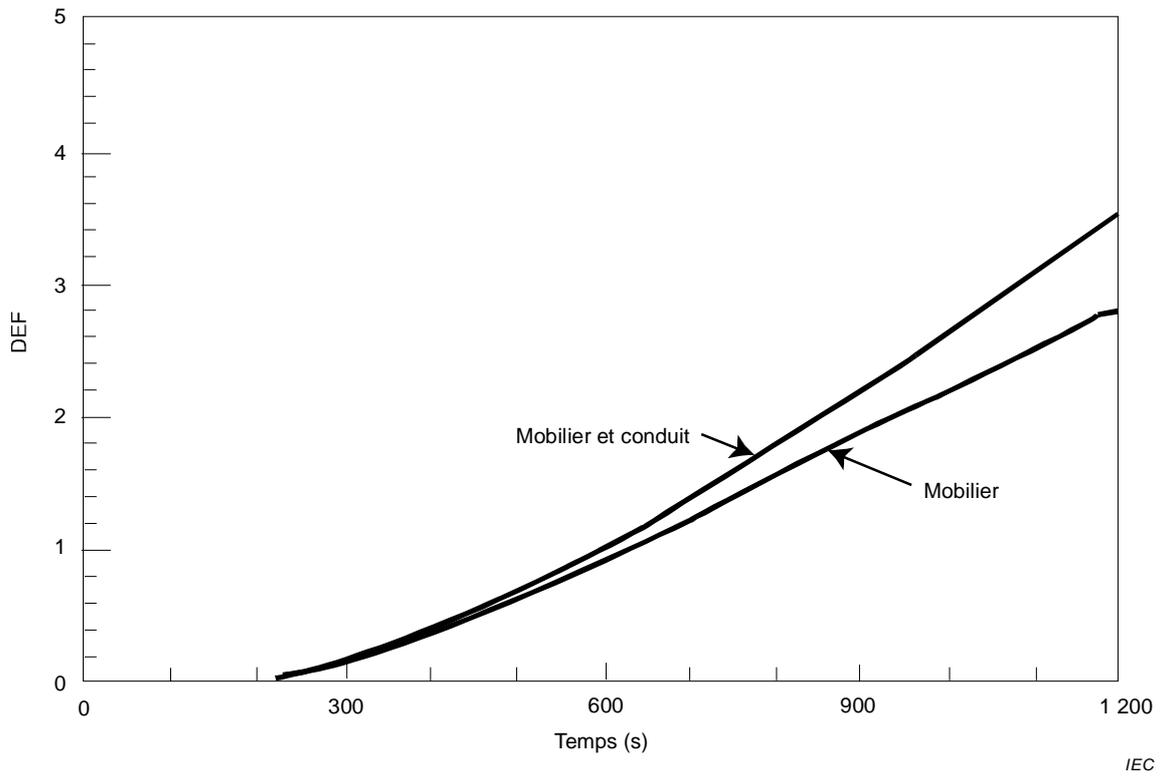


Figure B.9 – Montée relative de la toxicité due au conduit exposé (mur en plâtre)

Bibliographie

- [1] IEC 60695-1-21, *Essais relatifs au danger du feu – Partie 1-21: Lignes directrices pour l'évaluation du danger du feu des produits électrotechniques – Allumabilité – Résumé et pertinence des méthodes d'essai*
- [2] IEC/TS 60695-5-2, *Essais relatifs au danger du feu – Partie 5-2: Effets des dommages de corrosion des effluents du feu – Résumé et pertinence des méthodes d'essai*
- [3] IEC 60695-6-2, *Essais relatifs au danger du feu – Partie 6-2: Opacité des fumées – Résumé et pertinence des méthodes d'essai*
- [4] IEC 60695-7-1:2010, *Essais relatifs au danger du feu – Partie 7-1: Toxicité des effluents du feu – Lignes directrices générales*
- [5] IEC 60695-7-2, *Essais relatifs au danger du feu – Partie 7-2: Toxicité des effluents du feu – Résumé et pertinence des méthodes d'essai*
- [6] IEC/TS 60695-7-3:2011, *Essais relatifs au danger du feu – Partie 7-3: Toxicité des effluents du feu – Utilisation et interprétation des résultats d'essai*
- [7] IEC 60695-8-2, *Essais relatifs au danger du feu – Partie 8-2: Dégagement de chaleur – Résumé et pertinence des méthodes d'essai*
- [8] IEC 60695-9-2, *Essais relatifs au danger du feu – Partie 9-2: Propagation des flammes en surface – Résumé et pertinence des méthodes d'essai*
- [9] IEC 61386-21:2002, *Systèmes de conduits pour installations électriques – Partie 21: Règles particulières – Systèmes de conduits rigides*
- [10] Guide ISO/IEC 51, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes*
- [11] ISO 6707-1, *Bâtiment et génie civil – Vocabulaire – Partie 1: Termes généraux*
- [12] ISO/TS 13387:1999 (toutes les parties), *Ingénierie de la sécurité contre l'incendie*
- [13] ISO 13571, *Composants dangereux du feu – Lignes directrices pour l'estimation du temps disponible avant que les conditions de tenabilité ne soient compromises*
- [14] ISO 16730, *Ingénierie de la sécurité incendie – Evaluation, vérification et validation des méthodes de calcul*
- [15] ISO 16732-1, *Ingénierie de la sécurité incendie – Evaluation du risque d'incendie – Partie 1: Généralités*
- [16] ISO/TS 16733, *Ingénierie de la sécurité contre l'incendie – Sélection de scénarios d'incendie de dimensionnement et de feux de dimensionnement*
- [17] ISO 16734, *Ingénierie de la sécurité incendie – Exigences régissant les équations algébriques – Panaches de feu*
- [18] ISO 16735, *Ingénierie de la sécurité incendie – Exigences régissant les équations algébriques – Couches de fumée*

- [19] ISO 16736, *Ingénierie de la sécurité incendie – Exigences régissant les équations algébriques – Écoulements en jet sous plafond*
- [20] ISO 16737, *Ingénierie de la sécurité incendie – Exigences régissant les équations algébriques – Écoulements au travers d'une ouverture*
- [21] ISO 23932, *Ingénierie de la sécurité incendie – Principes généraux*
- [22] Mitler, H., *Documentation of CFC-V (the Harvard Fire Code)*, National Bureau of Standards, NBS-GCR-81-344 USA (1987)
- [23] Levin, B. et al, National Bureau of Standards, NBSIR 82-2532 USA (June 1982); Paabo, M., and Levin, B., National Bureau of Standards, NBSIR 85-3224 USA (1985)
- [24] Babrauskas, V., *Fire Technology*, v. 16, pp. 94-112 USA (1980)
- [25] Alexeeff, G.V., and Packham, S.C., *Evaluation of Smoke Toxicity Using Concentration Time Products*, *Journal of Fire Sciences*, 2, (5) pp. 362-379 USA (1984)
- [26] Alarie, Y., and Anderson, R., *American Industrial Hygiene Assn. Journal*, v. 40 pp. 408ff. USA (1979)
- [27] Benjamin, I., *Journal of Fire Sciences*, v. 5, pp. 25-49 USA (1987)
- [28] Mulholland, G. W., *Smoke Production and Properties*, in the *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd ed. DiNenno, P.J. et al (Editors), NFPA, Quincy, MA, USA, 2002
- [29] IEC 60695-1-20, *Essais relatifs au danger du feu – Partie 1-20: Lignes directrices pour l'évaluation du danger du feu des produits électrotechniques – Allumabilité – Lignes directrices générales*
-

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

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