

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Fire hazard testing –

Part 7-1: Toxicity of fire effluent – General guidance

Essais relatifs aux risques du feu –

Partie 7-1: Toxicité des effluents du feu – Lignes directrices générales





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60695-7-1

Edition 3.0 2010-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Fire hazard testing –

Part 7-1: Toxicity of fire effluent – General guidance

Essais relatifs aux risques du feu –

Partie 7-1: Toxicité des effluents du feu – Lignes directrices générales

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

T

ICS 13.220.40; 29.020

ISBN 978-2-88912-013-0

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references.....	6
3 Terms and definitions	7
4 Factors determining toxic hazard	13
4.1 Evaluation of the toxic hazard	13
4.2 Burning rate.....	13
4.3 Toxicity of fire effluent	13
4.3.1 General	13
4.3.2 Asphyxiants	14
4.3.3 Carbon dioxide	14
4.3.4 Sensory and/or upper respiratory irritants	15
4.3.5 Unusually high toxicity and extreme toxic potency	15
4.4 Dispersal volume	15
4.5 Escape time	16
5 General aspects of small-scale test methods used to evaluate the toxic hazard of fire gas effluent.....	16
5.1 General	16
5.2 Physical fire models.....	16
5.3 Static test methods	20
5.4 Dynamic test methods	20
5.5 Measurement of toxicity	20
5.5.1 General	20
5.5.2 Chemical analysis based methods.....	20
5.5.3 Methods based on animal exposure	21
6 Evaluation of test methods.....	21
6.1 Parameters to be considered	21
6.2 Selection of test specimen	21
7 Relevance of toxic hazard data to fire hazard assessment.....	21
Bibliography	24
Figure 1 – Different phases in the development of a fire within a compartment.....	18
Figure 2 – Evaluation and consideration of toxicity test methods	23
Table 1 – <i>F</i> values for irritants	15
Table 2 – Characteristics of fire types (from ISO 19706)	19

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIRE HAZARD TESTING –

**Part 7-1: Toxicity of fire effluent –
General guidance**

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 60695-7-1 has been prepared by IEC technical committee 89: Fire hazard testing.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2004. It constitutes a technical revision.

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

- minor editorial and technical changes throughout;
- Introduction – text referring to IEC 60695-7-50 and ISO/TS 19700 has been updated;
- references to the ISO 9122 series have been deleted (other than an historical reference to ISO 9122-1 in the Introduction) and the text throughout has been updated;
- definitions have been updated in accordance with ISO/IEC 13943:2008;

- dispersal volume is stated to be an important parameter in the assessment of toxic hazard;
- Table 2 has been updated;
- Figures 1 and 2 have both been updated.

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

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

FDIS	Report on voting
89/990/FDIS	89/1003/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.

This standard is to be used in conjunction with IEC 60695-7-2.

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

Part 7 consists of the following parts:

- Part 7-1: Toxicity of fire effluent – General guidance
- Part 7-2: Toxicity of fire effluent – Summary and relevance of test methods
- Part 7-3: Toxicity of fire effluent – Use and interpretation of test results
- Part 7-50: Toxicity of fire effluent – Estimation of toxic potency – Apparatus and test method
- Part 7-51: Toxicity of fire effluent – Estimation of toxic potency – Calculation and interpretation of test results

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

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

INTRODUCTION

Electrotechnical products sometimes become involved in fires. However, except for certain specific cases (for example, power generating stations, mass transit tunnels, computer suites), electrotechnical products are not normally present in sufficient quantities to form the major source of toxic hazard. For example, in domestic dwellings and places of public assembly, electrotechnical products are usually a very minor source of fire effluent compared with, for example, furnishings.

The IEC 60695-7 series of publications is subject to the ongoing evolution of fire safety philosophy within ISO TC 92.

The guidance in this International Standard is consistent with the principles of fire safety developed by ISO TC 92 (SC 3) on toxic hazards in fire as described in ISO 19706. General guidance for the fire hazard assessment of electrotechnical products is provided in IEC 60695-1-10 and IEC 60695-1-11. Guidance on the estimation of escape times from fires is provided in ISO 13571. The determination of the lethal toxic potency of fire effluents is described in ISO 13344.

In 1989, the following views were expressed in ISO/TR 9122-1.

"Small-scale toxic potency tests as we know them today are inappropriate for regulatory purposes. They cannot provide rank orderings of materials with respect to their propensity to produce toxic atmospheres in fires. All currently available tests are limited because of their inability to replicate the dynamics of fire growth which determine the time/concentration profiles of the effluent in full-scale fires, and the response of electrotechnical products, not just materials. This is a crucial limitation because the toxic effects of combustion effluent are now known to depend much more on the rates and conditions of combustion than on the chemical constitution of the burning materials."

Because of these limitations IEC TC 89 developed IEC 60695-7-50 and ISO subsequently developed ISO/TS 19700 [1]¹. Both these standards use the same apparatus. It is a practical small-scale apparatus which is used to measure toxic potency and which, by virtue of its ability to model defined stages of a fire, yields toxic potency data suitable for use in a full hazard assessment. Both methods use variations in air flow and temperature to give different physical fire models, but the ISO test method additionally uses the equivalence ratio as a key parameter.

The evidence from fires and fire casualties, when taken with data from experimental fire and combustion toxicity studies, suggests that chemical species with unusually high toxicity are not important (see 4.3.4). Carbon monoxide is by far the most significant agent contributing to toxic hazard. Other agents of major significance are hydrogen cyanide, carbon dioxide and irritants. There are also other important non-toxic threats to life such as the effects of heat, radiant energy, depletion of oxygen and smoke obscuration, all of which are discussed in ISO 13571. General guidance on smoke obscuration is provided in IEC 60695-6-1 [2].

IEC TC 89 recognizes that the effective mitigation of toxic hazard from electrotechnical products is best accomplished by tests and regulations leading to improved resistance to ignition and to reduced rates of fire growth, thus limiting the level of exposure to fire effluent.

¹ Figures in square brackets refer to the bibliography.

FIRE HAZARD TESTING –

Part 7-1: Toxicity of fire effluent – General guidance

1 Scope

This part of IEC 60695 provides guidance on the factors which affect the toxic hazard from fires involving electrotechnical products, and provides information on the methodologies recommended by ISO TC 92 (SC 3) for estimating and reducing the toxic hazard from fires, as expressed in ISO 19706, ISO 13344 and ISO 13571.

There is no single test to realistically assess toxic hazard in fires. Small-scale toxic potency tests are not capable on their own of assessing the toxic hazard in fires. Current toxicity tests attempt to measure the toxic potency of a laboratory generated fire effluent. Toxic potency should not be confused with toxic hazard.

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

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

2 Normative references

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

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

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

IEC Guide 104:1997, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

ISO/IEC Guide 51:1999, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

ISO 13344:2004, *Estimation of the lethal toxic potency of fire effluents*

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

ISO 13571:2007, *Life-threatening components of fire – Guidelines for the estimation of time available for escape using fire data*

ISO 16312-1, *Guidance for assessing the validity of physical fire models for obtaining fire effluent toxicity data for fire hazard and risk assessment – Part 1: Criteria*

ISO/TR 16312-2, *Guidance for assessing the validity of physical fire models for obtaining fire effluent toxicity data for fire hazard and risk assessment – Part 2: Evaluation of individual physical fire models*

ISO 19701, *Methods for sampling and analysis of fire effluents*

ISO 19702, *Toxicity testing of fire effluents – Guidance for analysis of gases and vapours in fire effluents using FTIR gas analysis*

ISO 19703:2005, *Generation and analysis of toxic gases in fire – Calculation of species yields, equivalence ratios and combustion efficiency in experimental fires*

ISO 19706:2007, *Guidelines for assessing the fire threat to people*

NOTE ISO 9122-1:1989, *Toxicity testing of fire effluents – Part: General*, has been withdrawn and replaced by ISO 19706:2007.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO/IEC 13943, some of which are reproduced below for the use' convenience, as well as the followings apply.

3.1

acute toxicity

toxicity that causes rapidly occurring toxic effects

cf. **toxic potency**

[ISO/IEC 13943, definition 4.5]

3.2

asphyxiant

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

NOTE Loss of consciousness and ultimately death can occur.

[ISO/IEC 13943, definition 4.17]

3.3

burn, intransitive verb

undergo combustion

[ISO/IEC 13943, definition 4.28]

3.4

burn, transitive verb

cause combustion

[ISO/IEC 13943, definition 4.29]

3.5

combustible, adj.

capable of being ignited and burned

[ISO/IEC 13943, definition 4.43]

3.6

combustible, noun

item capable of combustion

[ISO/IEC 13943, definition 4.44]

3.7

combustion

exothermic reaction of a substance with an oxidizing agent

NOTE Combustion generally emits fire effluent accompanied by flames and/or glowing.

[ISO/IEC 13943, definition 4.46]

3.8

concentration

mass per unit volume

NOTE 1 For a fire effluent the typical units are grams per cubic metre ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

NOTE 2 For a toxic gas, concentration is usually expressed as a volume fraction at $T = 298 \text{ K}$ and $P = 1 \text{ atm}$, with typical units of microlitres per litre ($\mu\text{L/L}$), which is equivalent to cm^3/m^3 or 10^{-6} .

NOTE 3 The concentration of a gas at a temperature, T , and a pressure, P , can be calculated from its volume fraction (assuming ideal gas behaviour) by multiplying the volume fraction by the density of the gas at that temperature and pressure.

[ISO/IEC 13943, definition 4.52]

3.9

equivalence ratio

fuel/air ratio divided by the fuel/air ratio required for a stoichiometric mixture

NOTE 1 Standard, dry air contains 20,95 % oxygen by volume. In practice, the oxygen concentration in entrained air may vary and calculation of the equivalence ratio to a standard, dry air basis is required.

NOTE 2 The equivalence ratio is dimensionless.

[ISO/IEC 13943, definition 4.81]

3.10

exposure dose

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

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

NOTE 2 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 $P = 1 \text{ atm}$); see volume fraction.

[ISO/IEC 13943, definition 4.89]

3.11

fire

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

NOTE In the English language the term "fire" is used to designate three concepts, two of which, fire (3.11) and fire (3.12), 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.

[ISO/IEC 13943, definition 4.96]

3.12

fire

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

[ISO/IEC 13943, definition 4.97]

3.13

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

[ISO/IEC 13943, definition 4.98]

3.14

fire effluent

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

[ISO/IEC 13943, definition 4.105]

3.15

fire hazard

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

[ISO/IEC 13943, definition 4.112]

3.16

fire risk

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

[ISO/IEC 13943, definition 4.124]

3.17

fire scenario

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

NOTE It typically defines the ignition and fire growth processes, the fully developed fire stage, the fire decay stage, and the environment and systems that impact on the course of the fire.

[ISO/IEC 13943, definition 4.129]

3.18

flame spread

propagation of a flame front

[ISO/IEC 13943, definition 4.142]

3.19

flashover

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

[ISO/IEC 13943, definition 4.156]

3.20

fractional effective concentration

FEC

ratio of the concentration of an irritant to that concentration expected to produce a specified effect on an exposed subject of average susceptibility

NOTE 1 As a concept, FEC may refer to any effect, including incapacitation, lethality or other endpoints.

NOTE 2 When not used with reference to a specific irritant, the term “FEC” represents the summation of FEC values for all irritants in a fire-generated atmosphere.

NOTE 3 The fractional effective concentration is dimensionless.

[ISO/IEC 13943, definition 4.159]

3.21

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

NOTE 2 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 The FED is dimensionless.

[ISO/IEC 13943, definition 4.160]

3.22

fully developed fire

state of total involvement of combustible materials in a fire

[ISO/IEC 13943, definition 4.164]

3.23

hyperventilation

rate and/or depth of breathing which is greater than normal

[ISO/IEC 13943, definition 4.180]

3.24

ignition

sustained ignition (deprecated)

⟨general⟩ initiation of combustion

[ISO/IEC 13943, definition 4.187]

3.25

incapacitation

state of physical inability to accomplish a specific task

NOTE An example of a specific task is to accomplish escape from a fire.

[ISO/IEC 13943, definition 4.194]

3.26

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 Physiological defence responses include reflex eye closure, tear production, coughing, and bronchoconstriction.

[ISO/IEC 13943, definition 4.203]

3.27**irritant**, noun

⟨pulmonary⟩ gas or aerosol that stimulates nerve receptors in the lower respiratory tract, which may result in breathing discomfort

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

[ISO/IEC 13943, definition 4.204]

3.28**lethal exposure dose 50** **LCt_{50}**

product of LC_{50} and the exposure time over which it is determined

NOTE 1 LCt_{50} is a measure of lethal toxic potency.

NOTE 2 For fire effluent, the typical units are grams times minutes per cubic metre ($g \cdot \text{min} \cdot \text{m}^{-3}$).

NOTE 3 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 $P = 1 \text{ atm}$; see volume fraction.

[ISO/IEC 13943, definition 4.208]

3.29**physical fire model**

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

[ISO/IEC 13943, definition 4.251]

3.30**pyrolysis**

chemical decomposition of a substance by the action of heat

NOTE 1 Pyrolysis is often used to refer to a stage of fire before flaming combustion has begun.

NOTE 2 In fire science, no assumption is made about the presence or absence of oxygen.

[ISO/IEC 13943, definition 4.266]

3.31**small-scale fire test**

fire test performed on a test specimen of small dimensions

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

[ISO/IEC 13943, definition 4.292]

3.32**smoke**

visible part of fire effluent

[ISO/IEC 13943, definition 4.293]

3.33**toxic**

poisonous

NOTE A poisonous substance produces adverse effects upon a living organism, e.g. irritation, narcosis or death.

[ISO/IEC 13943, definition 4.335]

3.34

toxic gas

toxic vapour

NOTE In the context of fire effluent, the term is usually applied to a single chemical element or compound.

[ISO/IEC 13943, definition 4.336]

3.35

toxic hazard

potential for harm resulting from exposure to toxic combustion products

[ISO/IEC 13943, definition 4.337]

3.36

toxic potency

measure of the amount of toxicant required to elicit a specific toxic effect

NOTE A small value of toxic potency corresponds to a high toxicity, and vice versa.

[ISO/IEC 13943, definition 4.338]

3.37

toxic risk

result of the multiplication of

- the probability of occurrence of a toxic hazard expected in a given technical operation or state, and
- the consequence or extent of injury to be expected on the occurrence of the toxic hazard

NOTE The toxic risk is part of the fire risk.

[ISO/IEC 13943, definition 4.339]

3.38

toxicant

toxin

toxic substance

[ISO/IEC 13943, definition 4.340]

3.39

toxicity

toxic quality

[ISO/IEC 13943, definition 4.341]

3.40

volume fraction

⟨gas in a gas mixture⟩ ratio of

- the volume that the gas alone would occupy at a defined temperature and pressure, to:
- the volume occupied by the gas mixture at the same temperature and pressure

NOTE 1 The concentration of a gas at a temperature, T , and at a pressure, P , can be calculated from its volume fraction (assuming ideal gas behaviour) by multiplying the volume fraction by the density of the gas at that temperature and pressure.

NOTE 2 Unless stated otherwise, a temperature of 298 K and a pressure of 1 atm are assumed.

NOTE 3 The volume fraction is dimensionless and is usually expressed in terms of microlitres per litre ($\mu\text{L/L}$), which is equivalent to cm^3/m^3 or 10^{-6} , or as a percentage.

[ISO/IEC 13943, definition 4.351]

3.41

yield

mass of a combustion product generated during combustion divided by the mass loss of the test specimen

NOTE The yield is dimensionless.

[ISO/IEC 13943, definition 4.354]

4 Factors determining toxic hazard

4.1 Evaluation of the toxic hazard

The main questions concerning the evaluation of the toxic hazard from fire are:

- a) How much product is burned or pyrolyzed, and at what rate ?
- b) How toxic is the fire effluent ?
- c) Into what volume is the toxic effluent being dispersed ?
- d) How is escape impeded ?

4.2 Burning rate

The quantity of effluent generated is proportional to the quantity of product burned or pyrolyzed. The rate of effluent generation is determined by the rate of burning or pyrolysis. Therefore in order to minimize the toxic hazard, it is necessary to decrease ignitability and to decrease the burning rate, i.e. decrease the rates of fire growth and flame spread.

4.3 Toxicity of fire effluent

4.3.1 General

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

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

Asphyxiants are discussed in 4.3.2. Sensory and/or upper respiratory irritants are discussed in 4.3.3.

NOTE In ISO 13344 several equations are given for the calculation of 30 min lethality FED values. These equations treat both asphyxiants and irritants in a similar way and they use 30 min LC_{50} values for rats. ISO 13571 recommends that if such equations are used then one half of the LCt_{50} is an approximate exposure dose when relating incapacitation to lethality.

There are also other important, non-toxic, threats to life. These include the effects of heat and radiant energy, the effects of depletion of oxygen, and the effects of smoke obscuration.

It has been widely recognized by many technical studies that most products and materials give fire atmospheres of generally similar toxic potency. No study has found evidence that substances of unusually high toxicity are important in fires.

Combustible fuel in a fire often consists of a mixture of materials and products that are unidentified as to their nature and relative quantity. In these cases, for the purpose of

estimating toxic hazard, a "generic" LCt_{50} value may be employed, i.e. $900 \text{ g}\cdot\text{min}\cdot\text{m}^{-3}$ for well-ventilated, pre-flashover fires and $450 \text{ g}\cdot\text{min}\cdot\text{m}^{-3}$ for vitiated post-flashover fires [3], [4] and [5]. For evaluation of occupants' escape, values of $450 \text{ g}\cdot\text{min}\cdot\text{m}^{-3}$ and $220 \text{ g}\cdot\text{min}\cdot\text{m}^{-3}$, respectively, are recommended in ISO 13571.

Test data indicate that fire effluent from electrotechnical products offers no greater toxicity than that from other materials or products (for example, furnishings and building materials). A bibliography is provided in ISO 19706 and additional data are found in references [5], [6], and [7].

4.3.2 Asphyxiants

Asphyxiation is a major cause of death in fires. An asphyxiant is a toxicant causing hypoxia (a decrease in oxygen supplied to or utilized by body tissue), resulting in central nervous system depression with loss of consciousness and, ultimately, death. Effects of these toxicants depend upon accumulated doses, i.e. a function of both concentration and the time or duration of exposure. The severity of the effects increases with increasing dose. Among the fire gas toxicants, carbon monoxide and hydrogen cyanide have received the most study and are best understood with respect to their capacity to cause incapacitation and death of those exposed [8] and [9].

The basic principle for assessing the asphyxiant component of toxic hazard analysis involves the exposure dose of each toxicant, i.e. the integrated area under each concentration-time curve (see ISO 13571). Fractional effective doses (*FEDs*) are determined for each asphyxiant at each discrete increment of time. The time at which their accumulated sum exceeds a specified threshold value represents the time available for escape relative to chosen safety criteria.

For carbon monoxide, the incapacitating dose (volume fraction $\times$ time) is 0,035 min [10].

For hydrogen cyanide, the incapacitating dose is not a constant, but varies depending on the volume fraction [8]. Empirical analysis of data obtained for volume fractions in the range 30×10^{-6} to 400×10^{-6} indicate that the *FED* may be calculated using an exponential expression

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

where X_{HCN} is the average volume fraction of HCN over the time increment Δt (see ISO 13571).

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

$$FED = \sum_{t_1}^{t_2} (304,4 \text{ min}^{-1} \times X_{HCN}) \times \Delta t$$

4.3.3 Carbon dioxide

If the volume fraction of carbon dioxide exceeds 0,02 the effective exposure doses of asphyxiants can be considered to be increased because of hyperventilation by a factor of $\exp(X_{CO_2} / 0,05)$ where X_{CO_2} equals the volume fraction of carbon dioxide (see ISO 13571).

4.3.4 Sensory and/or upper respiratory irritants

Sensory and/or upper respiratory irritation stimulates nerve receptors in the eyes, nose, throat and upper respiratory tract. Appearing to be related only to concentration, the effects lie on a continuum going from mild eye and upper respiratory discomfort all the way to severe pain. These acute effects can present a threat to safe escape.

At sufficiently high concentrations, most sensory and/or upper respiratory irritants can penetrate deeply into the lungs, causing pulmonary irritation effects that are normally related both to concentration and to the duration of exposure (i.e. dose). Generally these effects are not acute and are therefore not regarded as presenting a threat to safe escape. However, pulmonary irritation may cause post-exposure respiratory distress and even death from a few hours up to several days after exposure due to pulmonary oedema.

The basic principle for assessing the irritant gas component of toxic hazard analysis involves only the concentration of each irritant. Fractional effective concentrations (*FECs*) are determined for each irritant at each discrete increment of time. The time at which their sum exceeds a specified threshold value represents the time available for escape relative to chosen safety criteria.

The volume fractions of irritant gases that are expected to seriously compromise occupants' ability to take effective action to accomplish escape (*F* values) for some of the more important irritants are listed in Table 1 (see ISO 13571).

Table 1 – *F* values for irritants

(from ISO 13571)

Irritant	<i>F</i> value × 10 ⁶
Acrolein	30
Sulphur dioxide	150
Formaldehyde	250
Nitrogen dioxide	250
Hydrogen fluoride	500
Hydrogen bromide	1 000
Hydrogen chloride	1 000

Guidance on analytical methods for these gases is given in ISO 19701.

4.3.5 Unusually high toxicity and extreme toxic potency

Unusually high toxicity refers to products exerting types of toxic effect not normally encountered in fires (i.e. other than asphyxiation or irritancy). As stated in the introduction, products of unusually high toxicity have not been reported to be important in fires. Extreme toxic potency suggests that the toxicity of the products is much greater on a mass basis than the toxicity of usual fire effluent.

There is at present no recorded instance of a fire in which the hazard resulted from extreme toxic potency.

4.4 Dispersal volume

As effluent is diluted, its toxicity is lowered, and therefore In order to assess toxic hazard, the volume into which effluent is dispersed must be known or assumed.

4.5 Escape time

The time available for escape from a fire is that time after which occupants can no longer take effective action to accomplish their own escape. It is the shortest of four distinct times estimated from consideration of; 1) asphyxiant fire gases, 2) irritant fire gases, 3) heat, and 4) visual obscuration due to smoke.

Guidance on the estimation of the time available for escape using fire data is provided in ISO 13571.

5 General aspects of small-scale test methods used to evaluate the toxic hazard of fire gas effluent

5.1 General

Small-scale toxicity tests are comprised, essentially, of two parts:

- a) decomposition conditions (the physical fire model – see 5.2), which should be such that they generate fire effluent which has the same relative composition as that which would be produced in a specific stage of a fire, and
- b) evaluation methods for the fire effluent to assess or calculate toxic potency, which can be carried out by either exposing animals to the fire effluent, in a controlled manner, and monitoring their response, or by carrying out chemical analyses of the fire effluent and estimating toxic potency from their concentrations.

IEC 60695-7-2 summarizes the test methods that are in common use in the assessment of lethal and sub-lethal acute toxic potency and other toxicity tests. It includes special observations on their relevance to fire scenarios and gives recommendations on their use.

ISO 16312-1 gives guidance for assessing the validity of physical fire models for obtaining fire effluent toxicity data, and ISO/TR 16312-2 evaluates twelve test methods using the criteria given in ISO 16312-1.

A critical part of any method is to be able to relate the toxic effect or concentrations observed to the mass loss of the material under test. Without this information the data that are obtained cannot be used to evaluate the toxic hazard of a given fire scenario. This is because small-scale toxic potency tests are not capable on their own of assessing toxic hazard. Toxic potency data must be combined with independently determined combustion data and other relevant data (for example the assumed dispersal volume) to estimate toxic hazard. Toxic potency should not be confused with toxic hazard.

ISO 19706 states in 4.3 that “Because the effect of the fire effluent on people depends on factors beyond the combustible(s) as a source of the effluent, the fire effluent composition data must be combined with the additional information about the facility, the fire and the people into a fire hazard or risk assessment, rather than being used alone as an indicator of fire hazard or risk.”

Reduction of the likelihood of ignition and the reduction of the rate of subsequent flame spread are the prime considerations in the reduction of toxic hazard.

5.2 Physical fire models

The composition of the fire effluent from a given material is not an inherent property of that material, but is critically dependent on the conditions under which that material is burnt. Therefore, toxic product yields and the toxic potency of fire effluent are dependent on burning conditions. The chemical composition of the fuel, the decomposition temperature and the amount of ventilation are the main variables which affect the composition of fire effluent, and hence the toxic potency.

These variables have a critical effect because they affect the efficiency of the conversion of carbon to oxides of carbon (carbon monoxide and carbon dioxide – and the important and related CO_2/CO ratio). A lower CO_2/CO ratio indicates a higher proportion of carbon monoxide, which will result in a lower toxic potency value (i.e. a more toxic effluent).

ISO 19703 provides definitions and equations for the calculation of toxic product yields and the fire conditions under which they have been derived in terms of equivalence ratio and combustion efficiency. Sample calculations for practical cases are provided. The methods can be used to produce either instantaneous or averaged values for those experimental fires in which time-resolved data are available.

It is critical to show that the test conditions (the physical fire model) defined in a standardized test method are relevant to, and replicate the desired stage of a fire. ISO has published a general classification of fire types in ISO 19706, shown in Table 2. The important factors affecting the toxic potency of fire effluent are oxygen concentration and irradiance/temperature. Conditions for use in laboratory scale tests can be derived from the table in order to correspond, as far as possible, to full scale fires. However, fire involves a complex and interrelated array of physical and chemical phenomena, and as a result, it is difficult to simulate all aspects of a fire in a laboratory-scale apparatus. This problem of physical fire model validity is perhaps the single most difficult technical problem associated with all fire testing.

After ignition, fire development may occur in different ways depending on the environmental conditions, as well as on the physical arrangement of the combustible materials. However, a general pattern can be established for fire development within a compartment, where the general temperature-time curve shows three stages, plus a decay stage (see Figure 1).

Stage 1 (non-flaming decomposition) is the incipient stage of the fire prior to sustained flaming, with little rise in the fire room temperature. Smoke and toxic effluent production are the main hazards during this stage. Fire types 1a), 1b) and 1c) can all occur during this stage. Stage 2 (developing fire) starts with ignition and ends with an exponential rise in fire room temperature. Spread of flame, heat release and the production of smoke and toxic effluent are the main hazards during this stage. Fire type 2 corresponds to this stage. Stage 3 (fully developed fire) starts when the surface of all of the combustible contents of the room has decomposed to such an extent that sudden ignition occurs all over the room, with a rapid and large increase in temperature (flashover). Fire type 3b) corresponds to this stage.

At the end of Stage 3, the combustibles and/or oxygen have been largely consumed and hence the temperature decreases at a rate which depends on the ventilation and the heat and mass transfer characteristics of the system. This is known as the decay stage.

In each of these stages, a different mixture of decomposition products may be formed and this, in turn, will influence the toxicity of the fire effluent produced during that stage.

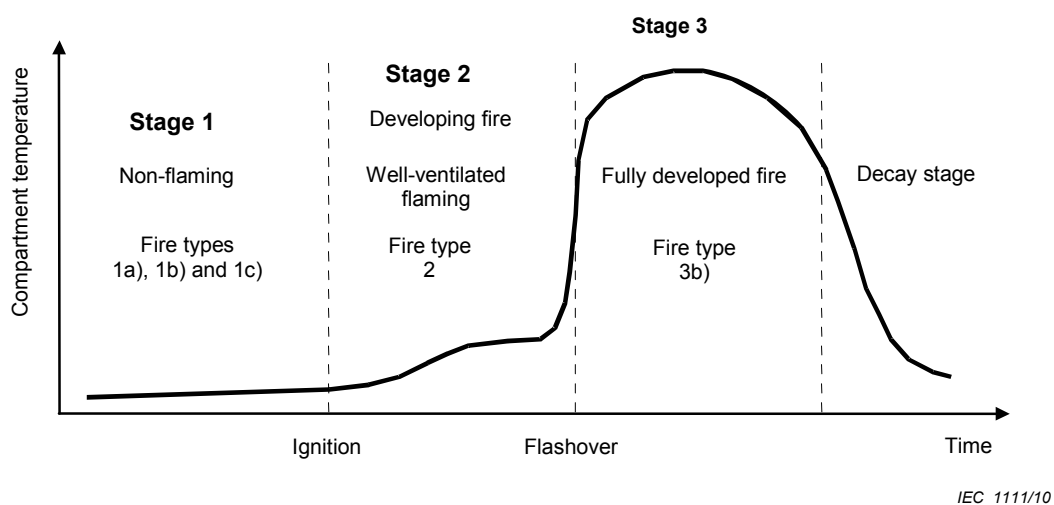


Figure 1 – Different phases in the development of a fire within a compartment

Table 2 – Characteristics of fire types (from ISO 19706)

Fire type	Heat flux to fuel surface kW/m ²	Max. temperature °C		Oxygen volume %		Fuel/air equivalence ratio (plume)	$\frac{[\text{CO}]}{[\text{CO}_2]}$ v/v	$\frac{100 \times [\text{CO}_2]}{([\text{CO}_2] + [\text{CO}])}$ % efficiency
		Fuel surface	Upper layer	Entrained	Exhausted			
1 Non-flaming								
a) self-sustaining (smouldering)	not applicable	450 to 800	25 to 85 ^d	20	20	—	0,1 to 1	50 to 90
b) oxidative pyrolysis from externally applied radiation	—	300 to 600 ^a	b	20	20	< 1	c	c
c) anaerobic pyrolysis from externally applied radiation	—	100 to 500	b	0	0	>> 1	c	c
2 Well-ventilated flaming ^d	0 to 60	350 to 650	50 to 500	≈ 20	≈ 20	< 1	< 0,05 ^e	> 95
3 Underventilated flaming ^f								
a) small, localized fire, generally in a poorly ventilated compartment	0 to 30	300 to 600 ^a	50 to 500	15 to 20	5 to 10	> 1	0,2 to 0,4	70 to 80
b) post-flashover fire	50 to 150	350 to 650 ^g	> 600	< 15	< 5	> 1 ^h	0,1 to 0,4 ⁱ	70 to 90
^a The upper limit is lower than for well-ventilated flaming combustion of a given combustible. ^b The temperature in the upper layer of the fire room is most likely determined by the source of the externally applied radiation and room geometry. ^c There are few data, but for pyrolysis this ratio is expected to vary widely depending on the material chemistry and the local ventilation and thermal conditions. ^d The fire's oxygen consumption is small compared to that in the room or the inflow, the flame tip is below the hot gas upper layer or the upper layer is not yet significantly vitiated to increase the CO yield significantly, the flames are not truncated by contact with another object, and the burning rate is controlled by the availability of fuel. ^e The ratio may be up to an order of magnitude higher for materials that are fire-resistant. There is no significant increase in this ratio for equivalence ratios up to ≈ 0,75. Between ≈ 0,75 and 1, some increase in this ratio may occur. ^f The fire's oxygen demand is limited by the ventilation opening(s); the flames extend into the upper layer. ^g Assumed to be similar to well-ventilated flaming. ^h The plume equivalence ratio has not been measured; the use of a global equivalence ratio is inappropriate. ⁱ Instances of lower ratios have been measured. Generally, these result from secondary combustion outside the room vent.								

5.3 Static test methods

In a static test, the test specimen burns in a closed chamber and the effluent produced builds up over time. In some tests, a fan stirs the effluent to prevent layering and to make it homogeneous. Samples are then taken for analysis.

5.4 Dynamic test methods

In a dynamic test the effluent from the test specimen is drawn through an exhaust system at a measured flow rate. Samples may be taken for analysis or, with infra-red analysis systems, continuous measurement is possible.

5.5 Measurement of toxicity

5.5.1 General

Early studies on the toxicity of fire effluent were based largely on the chemical analysis of fire gases and often gave faulty conclusions due to the poor data on the toxic potency of individual gases, and the lack of appreciation of the role of decomposition temperature and ventilation.

Work in the 1970s and early 1980s focused on animal tests on the basis that a complete understanding of the potential interactions between the individual components of fire effluent, and the possible presence of products exhibiting unusually high toxicity, could only be determined by animal exposure.

The conclusions from this work were that there are only moderately interactive effects between the constituents of fire effluent, and that there has not been an example of the presence of products exhibiting unusually high specific toxicity in fire effluent. Toxic potencies of fire effluent from most materials have been found to be within one and a half orders of magnitude.

It is possible to calculate toxic potencies of fire gas mixtures reasonably accurately, based on the results of chemical analyses, and the toxicological data already available from animal testing. This avoids the need to use animals in the routine measurement of toxic potency, although it is recognized that some limited use of animal based tests may be necessary when the base toxicological data for a particular fire effluent are not available.

5.5.2 Chemical analysis based methods

Chemical analysis based methods use conventional laboratory analytical techniques to measure, either statically or dynamically, the concentrations of various gases in the fire effluent generated by the physical fire model. Methods include Draeger tubes, sampling of the effluent for wet chemical analysis, infra-red (IR) spectroscopy including Fourier transform IR and non-dispersive IR, gas chromatography – mass spectrometry, and ion chromatography.

ISO 19701 describes methods for sampling and for the analysis of fire effluents, and ISO 19702 gives guidance on the analysis of gases and vapours in fire effluents using Fourier transform IR (FTIR) spectroscopy.

There are several factors which have a critical impact on the accuracy of chemical analysis based techniques:

- a) The effluent species selected for analysis should be broad enough to cover the species that could reasonably be expected to be released, based on knowledge of the composition of the material under test.

In all cases, carbon dioxide, carbon monoxide and oxygen should be measured.

- b) There must be a reliable method to assess the mass loss of the test specimen during the test, in order to be able to convert the gas concentrations measured to concentration per unit mass loss of test specimen.

- c) It must be possible to convert the measured gas concentrations and mass loss data into toxic potency values. See IEC 60695-7-3 for methods of calculation.

5.5.3 Methods based on animal exposure

It is not envisaged that any further work will be conducted by the IEC on methods based on animal testing.

6 Evaluation of test methods

6.1 Parameters to be considered

It is important to consider the physical fire model or models most relevant to the hazard being assessed, and to select tests that have physical fire models similar to those being assessed (see IEC 60695-7-2 and ISO/TR 16312-2).

In the selection of test methods, the following questions should be asked of each method under consideration:

- if the test is a product test, can the test accommodate the geometry and configuration of the product in question ?
- does the test method replicate the stage of fire of interest ?
- does the test give data in an appropriate format, and with sufficient discrimination and resolution ?

If the answer to any of these questions is no, the method under consideration will need modification, or an alternative method should be considered.

A flowchart outlining the stages to be followed in assessing the suitability of an existing method for a new application is shown in Figure 2.

6.2 Selection of test specimen

Different types of test specimen may be tested. In small scale toxicity tests the test specimen may often be a basic material (solid or liquid) or a composite of materials. In such cases the conditions of the test should be chosen so as to reflect as closely as possible the conditions experienced by the material in the relevant fire scenario.

In product testing, the test specimen is a manufactured product. In simulated product testing, the test specimen is a representative portion of a product.

The nature of the test specimen is governed to a large extent by the scale of the test. Small-scale tests are suited more to the testing of materials and small products or representative samples of larger products. On a larger scale, whole products may be tested. Given a choice, it is always preferable to select a test specimen that most closely reflects end use.

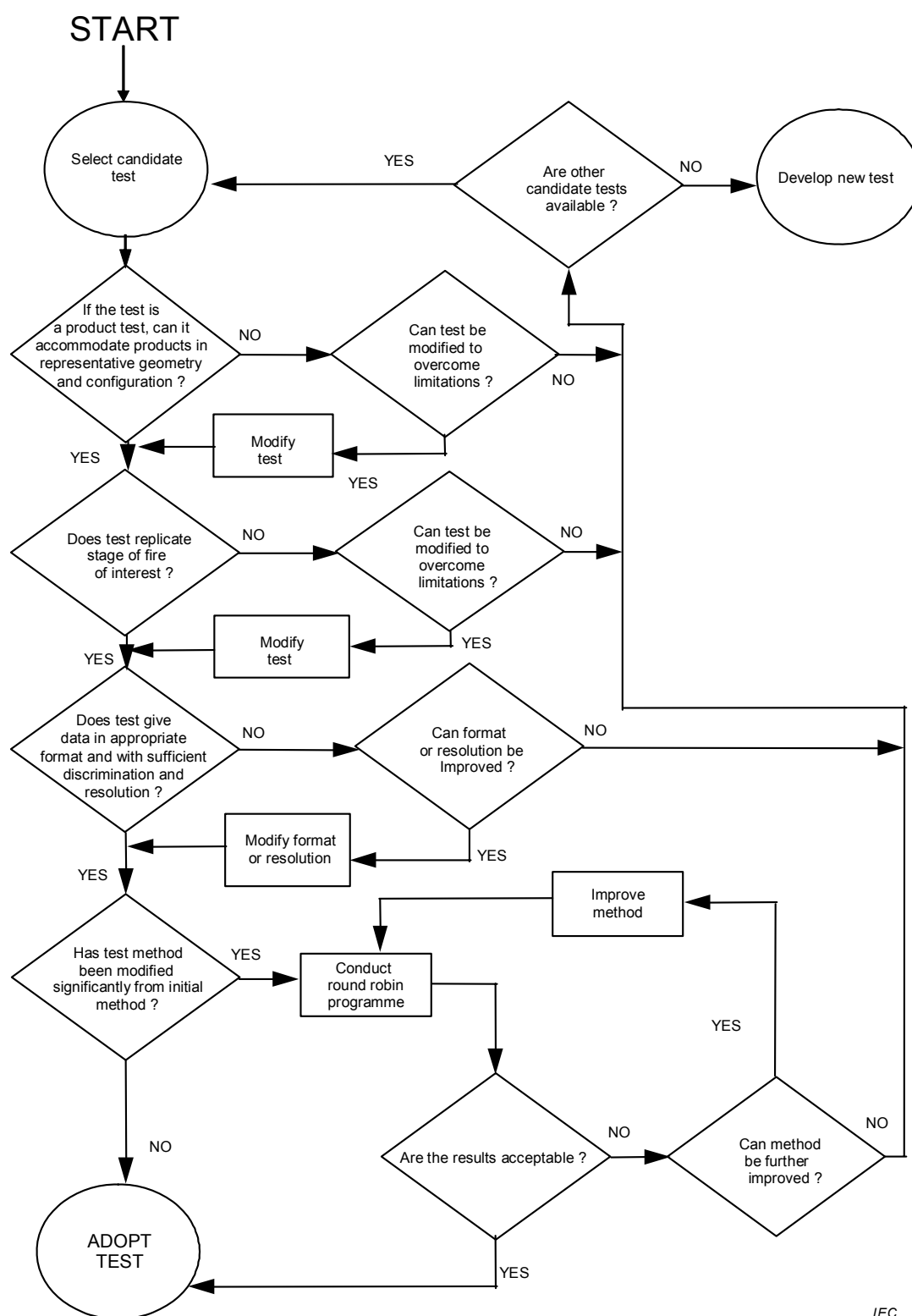
7 Relevance of toxic hazard data to fire hazard assessment

The use of fire safety engineering methods in fire hazard assessment is under development in ISO/TC 92 and in IEC/TC 89. Such fire hazard assessment to aid fire-safety decision-making is a departure from the philosophy of many existing standards in which individual tests are developed for application with pass/fail criteria. Tests specific to toxic potency cannot be used to give pass/fail criteria. The results can be used only with other fire data in an integrated analysis of toxic hazard.

The most important factor affecting the magnitude of toxic hazard is the amount of effluent produced. This is proportional to the size of the fire which, in turn, is governed by the ease of ignition and by the rate of fire growth. It is therefore the recommendation of this standard that, at present, toxic hazard from fires can best be minimized (i.e. life safety increased) by the delay of ignition, and by the reduction of the rate of fire growth. These factors will also reduce the rates of oxygen depletion, heat release and smoke production.

It is recommended that, at present, if data on the toxic potency of fire effluent are not available for use in hazard analysis, the toxic potency should be treated as equal for all fire scenarios (see 4.3.1). In an initial analysis based on a mass-loss model, the toxic hazard should be considered to be proportional to the calculated quantity of effluent inhaled.

Realistic assessments of the fire performance of a product can only be obtained by testing a full scale test specimen in the form and orientation in which it is actually used. An isolated small scale test, not representative of the final use of the product, can only indicate the response of a product to the physical fire model selected. It is emphasized that no fire test can, in normal circumstances, measure fire hazard; in addition, it cannot be assumed that satisfactory results of a single standard fire test will guarantee a given level of safety. Results from a variety of fire tests will provide information to assist in the determination and subsequent control of fire hazards.



IEC 1393/10

Figure 2 – Evaluation and consideration of toxicity test methods

Bibliography

- [1] ISO/TS 19700:2007, *Controlled equivalence ratio method for the determination of hazardous components of fire effluents*
- [2] IEC 60695-6-1:2005, *Fire hazard testing – Part 6-1: Smoke opacity – General guidance*
- [3] Peacock, R.D., Jones, W.W., Bukowski, R. W., and Forney, C. L., *Technical Reference Guide for the HAZARD I Fire Hazard Assessment Method, Version 1.1.*, NIST Handbook 146, Volume II, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD (1991)
- [4] Gann, R. G., Averill, J. D., Butler, K., Jones, W. W., Mulholland, G. W., Neviasser, J. L., Ohlemiller, T. J., Peacock, R. D., Reneke, P. A., and Hall, J. R., Jr., *International Study of the Sublethal Effects of Fire Smoke on Survival and Health: Phase I Final Report*, Technical Note 1439, National Institute of Standards and Technology (2001)
- [5] Anderson, R. A.; Willetts, P.; Cheng, K.N. and Harland, W.A. *Fire Deaths in the United Kingdom, 1976-82.*, Fire and Materials, 7 (2), pp. 67-72 (1983)
- [6] Kaufman, S.; Refi, J.J., and Anderson, R. C., *USA Approach to Combustion Toxicity of Cables.*, Plastics and Rubber Compounding and Applications 15 (3) (1991)
- [7] Purser, D.A., *Proceedings of the First International Fire and Materials Conference*, Washington, USA. 24-25 September 1992, p. 179-200. ISBN 0 9516320 2 7
- [8] Purser, D. A., *Toxicity Assessment of Combustion Products*, in the "SFPE Handbook of Fire Protection Engineering", P. J. DiNenno, Ed., 2nd ed., National Fire Protection Association, Quincy, MA, Sect. 2, pp. 85-146 (1995)
- [9] Hartzell, G. E., *Combustion Products and Their Effects on Life Safety*, in the "Fire Protection Handbook", A. E. Cote, Ed., 18th ed., National Fire Protection Association, Quincy, MA, Sect. 4, p. 10-21 (1997)
- [10] Kaplan, H. L., Grand, A. F., Switzer, W. G., Mitchell, D. S., Rogers, W. R. and Hartzell, G. E., *Effects of Combustion Gases on Escape Performance of the Baboon and the Rat*, J. Fire Sciences, 3 (4), p. 228-244 (1985)
- [11]² IEC 60695-1-10, *Fire hazard testing – Part 1-10: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – General guidelines*
- [12]³ IEC 60695-1-11³, *Fire hazard testing – Part 1-11: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Fire hazard assessment*
- [13]³ IEC/TS 60695-7-50, *Fire hazard testing – Part 7-50: Toxicity of fire effluent – Estimation of toxic potency – Apparatus and test method*

² Although these publications are not referenced throughout the text, they have, however, been numbered.

³ Under consideration.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	27
INTRODUCTION.....	29
1 Domaine d'application	31
2 Références normatives.....	31
3 Termes et définitions	32
4 Facteurs déterminant le danger toxique.....	38
4.1 Evaluation du danger toxique	38
4.2 Vitesse de combustion	38
4.3 Toxicité des effluents du feu.....	39
4.3.1 Généralités.....	39
4.3.2 Asphyxiants.....	39
4.3.3 Dioxyde de carbone.....	40
4.3.4 Irritants sensoriels et/ou du système respiratoire supérieur	40
4.3.5 Toxicité anormalement élevée et potentiel toxique extrême	41
4.4 Volume de dispersion	41
4.5 Temps d'évacuation	41
5 Aspects généraux des méthodes d'essai à petite échelle utilisées pour évaluer le danger toxique des effluents des gaz de combustion	42
5.1 Généralités.....	42
5.2 Modèles physiques du feu	42
5.3 Méthodes d'essai statique	46
5.4 Méthodes d'essai dynamique	46
5.5 Mesure de la toxicité	46
5.5.1 Généralités.....	46
5.5.2 Méthodes basées sur des analyses chimiques.....	46
5.5.3 Méthodes basées sur l'utilisation des animaux	47
6 Evaluation des méthodes d'essai.....	47
6.1 Paramètres à prendre en considération	47
6.2 Sélection des éprouvettes	47
7 Pertinence des données relatives au danger toxique pour l'évaluation des dangers d'incendie.....	48
Bibliographie.....	50
Figure 1 – Différentes étapes du développement d'un feu à l'intérieur d'un compartiment.....	44
Figure 2 – Evaluation et prise en compte des méthodes d'essai de toxicité.....	49
Tableau 1 – Valeurs F pour les irritants	41
Tableau 2 – Caractéristiques des types de feu (tiré de l'ISO 19706)	45

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –**Partie 7-1: Toxicité des effluents du feu –
Lignes directrices générales**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60695-7-1 a été établie par le comité d'études 89 de la CEI: Essais relatifs aux risques du feu.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2004 et constitue une révision technique.

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

- modifications rédactionnelles et techniques mineures dans toute la norme;
- Introduction – le texte faisant référence à la CEI 60695-7-50 et à l'ISO/TS 19700 a été mis à jour;
- les références à la série ISO 9122 ont été supprimées (à l'exception d'une référence historique à l'ISO 9122-1 dans l'Introduction), et l'ensemble du texte a été mis à jour;

- les définitions ont été mises à jour, conformément à l'ISO/CEI 13943:2008;
- le volume de dispersion est spécifié comme étant un paramètre important dans l'évaluation du danger toxique;
- le Tableau 2 a été mis à jour;
- Les Figures 1 et 2 ont été mises à jour.

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

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
89/990/FDIS	89/1003/RVD

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

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

La présente norme doit être utilisée conjointement avec la CEI 60695-7-2.

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

La partie 7 est composée des parties suivantes:

- Partie 7-1: Toxicité des effluents du feu – Lignes directrices générales
- Partie 7-2: Toxicité des effluents du feu – Résumé et pertinence des méthodes d'essai
- Partie 7-3: Toxicité des effluents du feu – Utilisation et interprétation des résultats d'essai
- Partie 7-50: Toxicité de l'effluent du feu – Estimation de la puissance toxique – Appareillage et méthode d'essai
- Partie 7-51: Toxicité des effluents du feu – Estimation de la puissance toxique – Calcul et interprétation des résultats d'essai

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

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

INTRODUCTION

Les produits électrotechniques sont quelquefois impliqués dans les incendies. Cependant, sauf dans certains cas spécifiques (par exemple, les centrales électriques, les galeries techniques dans les tunnels, les salles d'ordinateurs), les produits électrotechniques ne sont pas normalement en quantités suffisantes pour former la principale source de danger toxique. Par exemple, dans les habitats et les lieux recevant du public, les produits électrotechniques par rapport à l'ameublement, par exemple, sont habituellement une source mineure d'effluents du feu.

La série de publications de la CEI 60695-7 est soumise à l'évolution permanente de la philosophie de sécurité au feu du TC 92 de l'ISO.

Les lignes directrices proposées dans la présente Norme internationale correspondent aux principes de sécurité contre l'incendie développés par le TC 92 (SC 3) de l'ISO sur les dangers toxiques du feu, tel que décrit dans l'ISO 19706. Des lignes directrices générales pour l'évaluation des dangers d'incendie liés aux produits électrotechniques sont données dans la CEI 60695-1-10 et dans la CEI 60695-1-11. Des lignes directrices sur l'estimation des temps d'évacuation en cas d'incendie sont fournies dans l'ISO 13571. La détermination du potentiel toxique létal des effluents du feu est décrite dans l'ISO 13344.

En 1989, les points de vue suivants étaient exprimés dans l'ISO/TR 9122-1.

«Les essais à échelle réduite sur le potentiel toxique, comme nous les connaissons de nos jours, ne sont pas adaptés pour la réglementation. Ils ne permettent pas de classer les matériaux en fonction de leur potentiel à produire des atmosphères toxiques dans des feux. Tous les essais actuellement disponibles sont limités du fait de leur incapacité à reproduire l'évolution dynamique du feu, qui détermine le profil de temps/concentration des effluents du feu à grande échelle, et à reproduire la réaction des produits électrotechniques, et non seulement des matériaux qui les composent. Il s'agit d'une limitation décisive parce que les effets toxiques des effluents de combustion sont maintenant connus comme dépendant plus de la vitesse et des conditions de combustion que de la constitution chimique des matériaux impliqués dans la combustion».

Compte tenu de ces limitations, le CE 89 de la CEI a élaboré la CEI 60695-7-50, et l'ISO a ensuite établi l'ISO/TS 19700 [1] ¹. Ces deux normes utilisent le même appareillage. Il s'agit d'un appareillage pratique à échelle réduite, qui est utilisé pour mesurer le potentiel toxique et qui, compte tenu de sa capacité à donner des modèles d'étapes définies d'un feu, fournit des données de potentiel toxique adaptées pour être utilisées dans l'évaluation d'un danger en vraie grandeur. Les deux méthodes utilisent les variations de débit d'air et de température pour donner différents modèles physiques de feu, mais la méthode d'essai de l'ISO utilise en plus le rapport d'équivalence comme paramètre clé.

Les manifestations des incendies et des accidents dus au feu, considérées sur la base des données provenant d'expériences d'incendies et des études de toxicité liée à la combustion, suggèrent que les produits chimiques présentant une toxicité anormalement élevée ne sont pas nombreux (voir 4.3.4). Le monoxyde de carbone est de loin l'agent le plus significatif pour la part prise dans le danger toxique. D'autres agents importants sont l'acide cyanhydrique, le dioxyde de carbone et les irritants. Il existe également d'autres menaces importantes, qui ne sont pas de nature toxique, mais qui sont potentiellement mortelles. Il s'agit des effets de la chaleur et de l'énergie rayonnante, de ceux de la raréfaction de l'oxygène et de ceux de l'obscurcissement par la fumée, qui sont tous traités dans l'ISO 13571. La CEI 60695-6-1 [2] fournit les lignes directrices générales concernant l'obscurcissement par la fumée.

¹ Les chiffres entre crochets se rapportent à la bibliographie.

Le CE 89 de la CEI reconnaît que le meilleur moyen pour réduire efficacement le danger toxique provenant des produits électrotechniques consiste à utiliser des essais et réglementations permettant d'obtenir une résistance améliorée à l'allumage et des taux réduits de développement du feu, ce qui limite ainsi le niveau d'exposition aux effluents du feu.

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 7-1: Toxicité des effluents du feu – Lignes directrices générales

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60695 fournit des lignes directrices sur les facteurs qui affectent le danger toxique des feux impliquant des produits électrotechniques, et fournit des informations sur les méthodologies recommandées par le TC 92 (SC 3) de l'ISO concernant l'estimation et la réduction du danger toxique des incendies, tel qu'exprimé dans l'ISO 19706, dans l'ISO 13344 et dans l'ISO 13571.

Il n'y a pas d'essai unique pour évaluer de façon réaliste le danger toxique des incendies. Les essais de potentiel toxique à petite échelle ne sont pas capables en eux-mêmes d'évaluer le danger toxique des incendies. Les essais de toxicité actuels tentent de mesurer le potentiel toxique d'un effluent du feu généré en laboratoire. Il convient de ne pas confondre potentiel toxique et danger toxique.

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

L'une des responsabilités d'un comité d'études est d'utiliser, à chaque fois qu'elles sont applicables, les publications fondamentales de sécurité pour la préparation de ses publications. Les exigences, méthodes d'essai ou 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 de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

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

Guide CEI 104:1997, *Elaboration des publications de sécurité et utilisation des publications fondamentales de sécurité et publications groupées de sécurité*

Guide ISO/CEI 51:1999, *Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes*

ISO 13344:2004, *Détermination du pouvoir toxique létal des effluents du feu*

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

ISO 13571:2007, *Composants dangereux du feu – Lignes directrices pour l'estimation du temps disponible pour l'évacuation, utilisant les caractéristiques du feu*

ISO 16312-1, *Lignes directrices pour évaluer la validité des modèles de feu physiques pour l'obtention de données sur les effluents du feu en vue de l'évaluation des risques et dangers – Partie 1: Critères*

ISO/TR 16312-2, *Lignes directrices pour évaluer la validité des modèles de feu physiques pour l'obtention de données sur les effluents du feu en vue de l'évaluation des risques et dangers – Partie 2: Evaluation des différents modèles de feu physiques*

ISO 19701, *Méthodes d'échantillonnage et d'analyse des effluents du feu*

ISO 19702, *Essais de toxicité des effluents du feu – Lignes directrices pour l'analyse des gaz et des vapeurs dans les effluents du feu par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)*

ISO 19703:2005, *Production et analyse des gaz toxiques dans le feu – Calcul des taux de production des espèces, des rapports d'équivalence et de l'efficacité de la combustion dans les feux expérimentaux*

ISO 19706:2007, *Lignes directrices pour l'évaluation des dangers du feu pour les personnes*

NOTE L'ISO 9122-1:1989, Essais de toxicité des effluents du feu – Partie 1: Généralités, a été supprimée et remplacée par l'ISO 19706:2007.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO/CEI 13943, dont, par commodité, certains d'entre eux ont été repris ci-dessous, ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

toxicité aiguë

toxicité qui engendre des effets toxiques se produisant rapidement

voir **potentiel toxique**

[ISO/CEI 13943, définition 4.5]

3.2

asphyxiant

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

NOTE Une perte de conscience, et finalement la mort, peuvent survenir.

[ISO/CEI 13943, définition 4.17]

3.3

brûler, verbe intransitif

être en état de combustion

[ISO/CEI 13943, définition 4.28]

3.4

brûler, verbe transitif

déclencher un processus de combustion

[ISO/CEI 13943, définition 4.29]

3.5

combustible, adjectif
susceptible d'être allumé et de brûler

[ISO/CEI 13943, définition 4.43]

3.6

combustible, substantif
objet susceptible de donner lieu à une combustion

[ISO/CEI 13943, définition 4.44]

3.7

combustion
réaction exothermique d'une substance avec un comburant

NOTE Cette combustion émet généralement des effluents du feu accompagnés de flammes et/ou d'incandescence.

[ISO/CEI 13943, définition 4.46]

3.8

concentration
masse par unité de volume

NOTE 1 Pour les effluents du feu, elle est exprimée en grammes par mètre cube ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

NOTE 2 Pour un gaz toxique, la concentration s'exprime généralement en fraction volumique à $T = 298 \text{ K}$ et $P = 1 \text{ atm}$, et est exprimée en microlitres par litre ($\mu\text{L}/\text{L}$), qui équivaut à cm^3/m^3 ou 10^{-6} .

NOTE 3 La concentration d'un gaz à la température T et à la pression P peut être calculée à partir de sa fraction volumique (si le gaz peut être assimilé à un gaz parfait) en multipliant la fraction volumique par la masse volumique du gaz dans les mêmes conditions de température et de pression.

[ISO/CEI 13943, définition 4.52]

3.9

rapport d'équivalence
rapport combustible/air divisé par le rapport combustible/air nécessaire pour un mélange stœchiométrique

NOTE 1 La fraction volumique de l'oxygène dans l'air sec normal est de 20,95 %. En pratique, la concentration en oxygène dans l'air entraîné peut varier et le calcul du rapport d'équivalence par rapport à l'air sec normal est requis.

NOTE 2 Le rapport d'équivalence est une grandeur sans dimension.

[ISO/CEI 13943, définition 4.81]

3.10

dose d'exposition
mesure de la quantité maximale de gaz toxique ou d'effluents du feu qui est disponible pour l'inhalation, calculée par l'intégration de la surface sous la courbe concentration-temps

NOTE 1 Pour les effluents du feu, elle est exprimée en grammes fois minutes par mètre cube ($\text{g}\cdot\text{min}\cdot\text{m}^{-3}$).

NOTE 2 Pour un gaz toxique, elle est exprimée en microlitres fois minutes par litre ($\mu\text{L}\cdot\text{min}\cdot\text{L}^{-1}$) (à $T = 298 \text{ K}$ et $P = 1 \text{ atm}$); voir fraction volumique.

[ISO/CEI 13943, définition 4.89]

3.11

feu

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

NOTE En anglais, le terme « fire » est utilisé pour désigner trois concepts, dont deux, fire (3.11) et fire (3.12), se rapportent à des types spécifiques de combustion auto-entretenue ayant des significations diverses, et deux d'entre eux sont désignés par deux termes différents, tant en français qu'en allemand.

[ISO/CEI 13943, définition 4.96]

3.12

feu

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

[ISO/CEI 13943, définition 4.97]

3.13

incendie

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

[ISO/CEI 13943, définition 4.98]

3.14

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

[ISO/CEI 13943, définition 4.105]

3.15

danger d'incendie

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

[ISO/CEI 13943, définition 4.112]

3.16

risque d'incendie

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

[ISO/CEI 13943, définition 4.124]

3.17

scénario d'incendie

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

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

[ISO/CEI 13943, définition 4.129]

3.18

propagation de flammes

progression d'un front de flammes

[ISO/CEI 13943, définition 4.142]

3.19

embrasement généralisé flashover

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

[ISO/CEI 13943, définition 4.156]

3.20

concentration effective fractionnelle FEC (en anglais *fractional effective concentration*)

rapport de la concentration d'un irritant à la concentration susceptible de produire un effet spécifique sur un individu exposé de sensibilité moyenne

NOTE 1 Le concept de toxicité FEC peut se référer à tous les effets, y compris l'incapacitation, la létalité ou autres effets résultants.

NOTE 2 Lorsqu'il n'est pas utilisé en référence à un irritant spécifique, le terme « FEC » représente le cumul des valeurs FEC pour tous les irritants dans l'atmosphère générée par le feu.

NOTE 3 La concentration effective fractionnelle est une grandeur sans dimension.

[ISO/CEI 13943, définition 4.159]

3.21

dose effective fractionnelle FED (en anglais *fractional effective dose*)

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

NOTE 2 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 La dose effective fractionnelle est une grandeur sans dimension.

[ISO/CEI 13943, définition 4.160]

3.22

feu pleinement développé

état dans lequel l'ensemble des matériaux combustibles sont impliqués dans un incendie

[ISO/CEI 13943, définition 4.164]

3.23

hyperventilation

vitesse et/ou amplitude de la respiration supérieure à la normale

[ISO/CEI 13943, définition 4.180]

3.24

allumage

allumage persistant (déconseillé)

⟨général⟩ amorçage de la combustion

[ISO/CEI 13943, définition 4.187]

3.25

incapacitation

état d'incapacité physique d'accomplir une tâche spécifique

NOTE Un exemple de tâche spécifique consiste à réaliser une évacuation lors d'un incendie.

[ISO/CEI 13943, définition 4.194]

3.26

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 Les réactions de défense physiologique comportent le réflexe de fermeture des paupières, la production de larmes, la toux, et la bronchoconstriction.

[ISO/CEI 13943, définition 4.203]

3.27

irritant, substantif

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

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

[ISO/CEI 13943, définition 4.204]

3.28

dose létale d'exposition 50

LCt_{50}

produit de la LC_{50} et de la durée d'exposition sur laquelle elle a été déterminée

NOTE 1 LCt_{50} est une mesure du potentiel toxique létal.

NOTE 2 Pour les effluents du feu, elle est exprimée en grammes fois minutes par mètre cube ($g \cdot min \cdot m^{-3}$).

NOTE 3 Pour un gaz toxique, elle est exprimée en microlitres fois minutes par litre ($\mu L \cdot min \cdot L^{-1}$) à $T = 298 \text{ K}$ et $P = 1 \text{ atm}$; voir fraction volumique.

[ISO/CEI 13943, définition 4.208]

3.29

modèle physique du feu

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

[ISO/CEI 13943, définition 4.251]

3.30

pyrolyse

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

NOTE 1 Le terme est souvent utilisé pour se référer à un stade du feu avant que la combustion avec flammes n'ait commencé.

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

[ISO/CEI 13943, définition 4.266]

3.31**essai au feu à petite échelle**

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

NOTE Un essai au feu effectué sur une éprouvette dont la dimension maximale est inférieure à 1 m est habituellement appelé «essai au feu à petite échelle».

[ISO/CEI 13943, définition 4.292]

3.32**fumée**

partie visible des effluents du feu

[ISO/CEI 13943, définition 4.293]

3.33**toxique**

nocif

NOTE Une substance toxique produit des effets nocifs sur un organisme vivant, tels qu'une irritation, une narcose ou la mort.

[ISO/CEI 13943, définition 4.335]

3.34**gaz toxique**

vapeur toxique

NOTE Dans le contexte des effluents du feu, le terme est généralement appliqué à un seul élément ou composé chimique.

[ISO/CEI 13943, définition 4.336]

3.35**danger toxique**

dommage potentiel résultant de l'exposition à des produits de combustion toxiques

[ISO/CEI 13943, définition 4.337]

3.36**potentiel toxique**

mesure de la quantité de toxique requise pour obtenir un effet toxique spécifique

NOTE Une petite valeur de potentiel toxique correspond à une valeur élevée de toxicité, et vice versa.

[ISO/CEI 13943, définition 4.338]

3.37**risque toxique**

résultat de la multiplication de

- la probabilité d'apparition d'un danger toxique dans une application technique ou un état donné(e), et
- de l'importance des lésions attendues à l'apparition du danger toxique

NOTE Le risque toxique fait partie du risque incendie.

[ISO/CEI 13943, définition 4.339]

3.38

toxique

toxine

substance toxique

[ISO/CEI 13943, définition 4.340]

3.39

toxicité

qualité de ce qui est toxique

[ISO/CEI 13943, définition 4.341]

3.40

fraction volumique

⟨gaz dans un mélange gazeux⟩ rapport du

- volume que le gaz seul occuperait dans des conditions définies de température et de pression, et
- du volume occupé par le mélange gazeux dans les mêmes conditions de température et de pression

NOTE 1 La concentration d'un gaz à la température T et à la pression P peut être calculée à partir de sa fraction volumique (considérant que le gaz est assimilé à un gaz parfait) en multipliant la fraction volumique par la masse volumique du gaz dans les mêmes conditions de température et de pression.

NOTE 2 Sauf indication contraire, on suppose la température égale à 298 K et la pression à 1 atm.

NOTE 3 La fraction volumique est une grandeur sans dimension et est généralement exprimée en microlitres par litre ($\mu\text{L/L}$), ce qui équivaut à cm^3/m^3 ou 10^{-6} , ou en pourcentage.

[ISO/CEI 13943, définition 4.351]

3.41

rendement

masse d'un produit de combustion générée pendant la combustion, divisée par la perte de masse de l'éprouvette d'essai

NOTE Le rendement est une grandeur sans dimension.

[ISO/CEI 13943, définition 4.354]

4 Facteurs déterminant le danger toxique

4.1 Évaluation du danger toxique

Les principales questions concernant l'évaluation du danger toxique sont les suivantes:

- a) Quelle quantité de produit est brûlée ou a subi une pyrolyse, et à quelle vitesse ?
- b) Quel est le degré de toxicité de l'effluent du feu ?
- c) Dans quel volume l'effluent toxique est-il dispersé ?
- d) De quelle façon l'évacuation est-elle entravée ?

4.2 Vitesse de combustion

La quantité d'effluents produite est proportionnelle à la quantité de produit brûlé ou ayant subi une pyrolyse. La vitesse de production d'effluents est déterminée par la vitesse de combustion ou de pyrolyse. Par conséquent, afin de réduire le danger toxique, il est

nécessaire de diminuer l'allumabilité et de diminuer la vitesse de combustion, c'est-à-dire de diminuer les vitesses de développement du feu et de propagation de flammes.

4.3 Toxicité des effluents du feu

4.3.1 Généralités

Les effluents du feu se composent d'un mélange complexe de particules solides, d'aérosols liquides et de gaz. Bien que les feux puissent produire des effluents dont la composition diffère largement, les essais de toxicité ont montré que les gaz sont un facteur important dans l'apparition d'une toxicité aiguë. Les effets toxiques aigus prédominants peuvent être divisés en deux classes:

- a) effets asphyxiants,
- b) irritation sensorielle et/ou du système respiratoire supérieur.

Les asphyxiants sont présentés en 4.3.2. Les irritants sensoriels et/ou du système respiratoire supérieur sont présentés en 4.3.3.

NOTE Dans l'ISO 13344, plusieurs équations sont données pour le calcul des valeurs FED de létalité sur une durée de 30 min. Ces équations abordent les asphyxiants et les irritants de la même manière et elles utilisent des valeurs LC_{50} sur une durée de 30 min pour des rats. L'ISO 13571 recommande que, si des équations de ce type sont utilisées, alors la moitié de la valeur LCt_{50} est une dose d'exposition approximative lorsqu'on met en relation l'incapacitation et la létalité.

Il existe également d'autres menaces importantes pour la vie qui ne sont pas de nature toxique. Celles-ci incluent les effets de la chaleur et de l'énergie rayonnante, les effets de la raréfaction d'oxygène, et les effets de l'obscurcissement par la fumée.

Il a été largement reconnu par de nombreuses études techniques que la plupart des produits et des matériaux donnent des atmosphères de feu de potentiel toxique généralement similaire. Aucune étude n'a prouvé que les substances de toxicité anormalement élevée sont importantes dans les feux.

Les combustibles dans un feu se composent souvent d'un mélange de matériaux et de produits qui ne sont pas identifiés en ce qui concerne leur nature et leur quantité relative. Dans ces cas, pour les besoins de l'estimation du danger toxique, une valeur LCt_{50} «générique» peut être utilisée, c'est-à-dire $900 \text{ g}\cdot\text{min}\cdot\text{m}^{-3}$ pour des feux bien ventilés avant embrasement éclair, et $450 \text{ g}\cdot\text{min}\cdot\text{m}^{-3}$ pour des feux en air vicié après embrasement éclair [3], [4] et [5]. Pour l'évaluation de l'évacuation des occupants, les valeurs de $450 \text{ g}\cdot\text{min}\cdot\text{m}^{-3}$ et $220 \text{ g}\cdot\text{min}\cdot\text{m}^{-3}$, respectivement, sont recommandées dans l'ISO 13571.

Les données d'essai indiquent que les effluents du feu des produits électrotechniques ne présentent pas de toxicité plus élevée que ceux des autres matériaux ou produits (par exemple, matériaux d'ameublement et de construction). Une bibliographie est fournie dans l'ISO 19706 et des données supplémentaires sont données aux références [5], [6], et [7].

4.3.2 Asphyxiants

L'asphyxie est une cause importante de mort dans les incendies. Un asphyxiant est un composant toxique provoquant une hypoxie (une diminution de l'oxygène fourni au tissu cellulaire ou utilisé par ce même tissu), donnant lieu à une dépression du système nerveux central avec perte de conscience et, en dernier lieu, la mort. Les effets de ces composants toxiques dépendent des doses accumulées, c'est-à-dire de la concentration et du temps ou de la durée de l'exposition. La gravité des effets augmente avec l'augmentation de la dose. Parmi les composants toxiques des gaz de combustion, le monoxyde de carbone et l'acide cyanhydrique ont été les plus étudiés et sont mieux compris en ce qui concerne leur aptitude à provoquer l'incapacitation et la mort de ceux qui y sont exposés [8] et [9].

Le principe de base pour évaluer le composant asphyxiant lors de l'analyse du danger toxique tient compte de la dose d'exposition de chaque composant toxique, c'est-à-dire la zone comprise sous chaque courbe concentration-durée (voir l'ISO 13571). Les doses effectives fractionnelles (*FED*) sont déterminées pour chaque asphyxiant à chaque augmentation par palier de la durée. Le moment où leur somme accumulée dépasse une valeur de seuil spécifiée, représente le temps disponible pour s'échapper par rapport au critère de sécurité choisi.

Pour le monoxyde de carbone, la dose incapacitante (fraction volumique $\times$ temps) est 0,035 min [10].

Pour l'acide cyanhydrique, la dose incapacitante n'est pas une constante, mais elle varie en fonction de la fraction volumique [8]. L'analyse empirique des données obtenues pour les fractions volumiques dans la gamme 30×10^{-6} à 400×10^{-6} indique que la valeur de *FED* peut être calculée en utilisant une expression exponentielle

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

où X_{HCN} est la fraction volumique moyenne du HCN sur l'augmentation de la durée Δt (voir l'ISO 13571).

Pour les fractions volumiques inférieures à 30×10^{-6} , il convient d'utiliser la formule suivante

$$FED = \sum_{t_1}^{t_2} (304,4 \text{ min}^{-1} \times X_{HCN}) \times \Delta t$$

4.3.3 Dioxyde de carbone

Si la fraction volumique du dioxyde de carbone dépasse 0,02, les doses d'exposition effectives des asphyxiants peuvent être considérées comme augmentées à cause de l'hyperventilation par un facteur de $\exp(X_{CO_2} / 0,05)$, où X_{CO_2} est égal à la fraction volumique du dioxyde de carbone (voir l'ISO 13571).

4.3.4 Irritants sensoriels et/ou du système respiratoire supérieur

L'irritation sensorielle et/ou du système respiratoire supérieur stimule les récepteurs nerveux des yeux, du nez, de la gorge et de l'appareil respiratoire supérieur. Ces effets, qui paraissent liés uniquement à la concentration, vont de manière continue du picotement des yeux et de la gêne de tout l'appareil respiratoire supérieur à une douleur importante. Ces effets aigus peuvent présenter une menace pour une évacuation sans danger.

A des concentrations suffisamment élevées, la plupart des irritants sensoriels et/ou du système respiratoire supérieur peuvent pénétrer profondément dans les poumons, provoquant des effets d'irritation pulmonaire qui sont normalement liés à la fois à la concentration et à la durée de l'exposition (c'est-à-dire la dose). Généralement, ces effets ne sont pas aigus et ne sont, par conséquent, pas considérés comme présentant une menace pour une évacuation sans danger. Cependant, l'irritation pulmonaire peut provoquer une détresse respiratoire post-exposition, voire la mort, quelques heures à plusieurs jours après l'exposition, en raison d'un œdème pulmonaire.

Le principe de base pour l'évaluation de la composante de gaz irritante de l'analyse de danger toxique ne concerne que la concentration de chaque irritant. Les concentrations effectives fractionnelles (*FEC*) sont déterminées pour chaque irritant à chaque augmentation

par palier de la durée. Le moment où leur somme dépasse une valeur de seuil spécifiée représente le temps disponible pour s'échapper par rapport au critère de sécurité choisi.

Les fractions volumiques des gaz irritants qui sont supposées compromettre gravement la capacité d'un occupant à prendre des mesures efficaces pour s'échapper (valeurs F) pour certains des irritants les plus importants, sont indiquées au Tableau 1 (voir l'ISO 13571).

Tableau 1 – Valeurs F pour les irritants

(extraites de l'ISO 13571)

Irritant	Valeur $F \times 10^6$
Acroléine	30
Dioxyde de soufre	150
Formaldéhyde	250
Dioxyde d'azote	250
Fluorure d'hydrogène	500
Bromure d'hydrogène	1 000
Chlorure d'hydrogène	1 000

Des lignes directrices relatives aux méthodes analytiques pour ces gaz sont données dans l'ISO 19701.

4.3.5 Toxicité anormalement élevée et potentiel toxique extrême

La toxicité anormalement élevée se rapporte à des produits exerçant des types d'effet toxique qui ne sont pas normalement rencontrés dans les incendies (c'est-à-dire autres que l'asphyxie ou l'irritation). Comme indiqué dans l'introduction, les produits de toxicité anormalement élevée n'ont pas été considérés comme étant importants dans les incendies. Le potentiel toxique extrême suggère que la toxicité des produits est plus importante du point de vue de la masse que la toxicité des effluents du feu habituels.

Il n'existe à l'heure actuelle aucun exemple enregistré d'incendie dans lequel le danger serait le résultat d'un potentiel toxique extrême.

4.4 Volume de dispersion

Lorsque l'effluent est dilué, sa toxicité est réduite et, par conséquent, afin d'évaluer le danger toxique, il faut que le volume dans lequel l'effluent est dispersé soit connu ou supposé.

4.5 Temps d'évacuation

Le temps disponible pour l'évacuation en cas d'incendie est le temps après lequel les occupants ne peuvent plus prendre de mesures efficaces pour accomplir leur propre évacuation. Il s'agit du plus court des quatre temps distincts estimés en considérant: 1) les gaz de combustion asphyxiants, 2) les gaz de combustion irritants, 3) la chaleur et 4) l'obscurcissement de la vue dû à la fumée.

Des lignes directrices sur l'estimation du temps disponible pour l'évacuation en utilisant les données relatives au feu sont fournies dans l'ISO 13571.

5 Aspects généraux des méthodes d'essai à petite échelle utilisées pour évaluer le danger toxique des effluents des gaz de combustion

5.1 Généralités

Les essais de toxicité à petite échelle se composent, essentiellement, de deux parties:

- a) conditions de décomposition (modèle physique du feu – voir 5.2); il convient que ces dernières soient telles qu'elles produisent des effluents du feu qui ont la même composition relative que celle qui serait produite dans une étape spécifique de feu, et
- b) méthodes d'évaluation pour l'effluent du feu, permettant d'évaluer ou de calculer le potentiel toxique, qui peuvent être effectuées soit en exposant des animaux aux effluents du feu, d'une manière contrôlée, et en surveillant leur réaction, soit en effectuant des analyses chimiques de l'effluent du feu et en estimant le potentiel toxique à partir de leurs concentrations.

La CEI 60695-7-2 résume les méthodes d'essai qui sont couramment utilisées dans l'évaluation du potentiel toxique aigu létal et subléta, et d'autres essais de toxicité. Elle inclut des observations particulières sur leur pertinence dans les scénarios de feu et donne des recommandations concernant leur utilisation.

L'ISO 16312-1 donne des lignes directrices pour évaluer la validité des modèles physiques de feu pour l'obtention de données sur la toxicité des effluents du feu, et l'ISO/TR 16312-2 évalue douze méthodes d'essai à l'aide des critères donnés dans l'ISO 16312-1.

Une partie cruciale de chaque méthode doit permettre de rapporter les effets ou concentrations toxiques observé(e)s par rapport à la perte de masse du matériau soumis aux essais. Sans ces informations, les données obtenues ne peuvent pas être utilisées pour évaluer le danger toxique d'un scénario de feu donné. Cela s'explique par le fait que les essais de potentiel toxique à petite échelle ne permettent pas en eux-mêmes d'évaluer le danger toxique. Les données relatives au potentiel toxique doivent être combinées avec les données relatives à la combustion déterminées indépendamment et d'autres données pertinentes (par exemple le volume de dispersion supposé), pour estimer le danger toxique. Il convient de ne pas confondre potentiel toxique et danger toxique.

L'ISO 19706 indique en 4.3 que « dans la mesure où l'effet des effluents du feu sur les personnes dépend de facteurs autres que le(s) combustible(s) comme source de l'effluent, les données de composition des effluents du feu doivent être combinées avec les informations complémentaires sur l'installation, le feu et les personnes dans une évaluation de danger ou de risque d'incendie, plutôt que d'être utilisées seules comme un indicateur de danger ou de risque d'incendie. »

La réduction de la probabilité d'allumage et la réduction de la vitesse de propagation consécutive des flammes sont les principales considérations dans la réduction du danger toxique.

5.2 Modèles physiques du feu

La composition d'un effluent du feu à partir d'un matériau donné n'est pas une propriété inhérente de ce matériau, mais dépend sérieusement des conditions dans lesquelles ce matériau brûle. Par conséquent, les rendements en produits toxiques et le potentiel toxique des effluents du feu dépendent des conditions de combustion. La composition chimique du combustible, la température de décomposition et la quantité d'aération sont les principales variables qui affectent la composition des effluents du feu, et donc le potentiel toxique.

Ces variables ont un effet critique, dans la mesure où elles affectent le rendement de conversion du carbone en oxydes de carbone (monoxyde de carbone et dioxyde de carbone – et le rapport CO_2/CO important et lié). Un rapport CO_2/CO plus faible indique une proportion

plus élevée de monoxyde de carbone, qui entraînera une valeur de potentiel toxique plus faible (c'est-à-dire un effluent plus toxique).

L'ISO 19703 fournit des définitions et des équations pour le calcul des rendements en produits toxiques et les conditions de feu dans lesquelles ils ont été déduits en termes de rapport d'équivalence et de rendement de combustion. Des exemples de calculs pour les cas pratiques sont fournis. Ces méthodes peuvent être utilisées pour produire des valeurs instantanées ou moyennées pour les expériences d'incendies dans lesquelles des données de temps quantifiées sont disponibles.

Il est crucial de démontrer que les conditions d'essai (modèle physique de feu) définies dans une méthode d'essai normalisée sont pertinentes pour l'étape concernée d'un feu réel et qu'elles en donnent une réplique. L'ISO a publié, dans le Tableau 2 de l'ISO 19706, une classification générale des types de feu. Les facteurs importants qui affectent le potentiel toxique des effluents du feu sont la concentration en oxygène et l'irradiation/la température. Les conditions d'utilisation dans les essais à échelle du laboratoire peuvent être tirées du tableau de manière à correspondre, dans la mesure du possible, à des feux à pleine échelle. Cependant, le feu implique un ensemble complexe et étroitement lié de phénomènes physiques et chimiques, et il est ainsi difficile de simuler tous les aspects d'un feu dans un appareillage à l'échelle du laboratoire. Ce problème de validité des modèles physiques de feu est peut-être le problème technique individuel le plus compliqué associé à tous les essais au feu.

Après allumage, le développement du feu peut intervenir de différentes façons en fonction des conditions d'environnement, ainsi que de la disposition physique des matériaux combustibles. Cependant, on peut établir un modèle général pour le développement du feu à l'intérieur d'un compartiment, dans lequel la courbe générale température-temps montre trois étapes, plus une étape de décroissance (voir Figure 1).

L'étape 1 (décomposition sans flammes) est l'étape initiale du feu avant qu'il n'y ait des flammes soutenues, avec une légère augmentation de la température dans la pièce où se propage le feu. La fumée et la production d'effluents toxiques constituent les dangers principaux au cours de cette étape. Les types de feu 1a), 1b) et 1c) peuvent tous se produire au cours de cette étape. L'étape 2 (feu en cours de développement) commence à l'allumage et se termine par une augmentation exponentielle de la température de la pièce où se produit le feu. La propagation de flammes, le dégagement de chaleur et la production de fumées et d'effluents toxiques sont les principaux dangers au cours de cette étape. Le type de feu 2 correspond à cette étape. L'étape 3 (feu pleinement développé) commence lorsque la surface de tous les éléments combustibles de la pièce s'est décomposée de telle sorte qu'un allumage soudain se produit dans toute la pièce, avec une augmentation rapide et importante de la température (embrasement éclair). Le type de feu 3b) correspond à cette étape.

A la fin de l'étape 3, les produits combustibles et/ou l'oxygène ont été largement consommés et la température diminue donc à une vitesse qui dépend de l'aération et des caractéristiques de transfert de chaleur et de masse du système. Cela est appelé étape de décroissance.

Dans chacune de ces étapes, un mélange différent de produits de décomposition peut se former, et il influencera à tour de rôle la toxicité des effluents du feu produits au cours de cette étape.

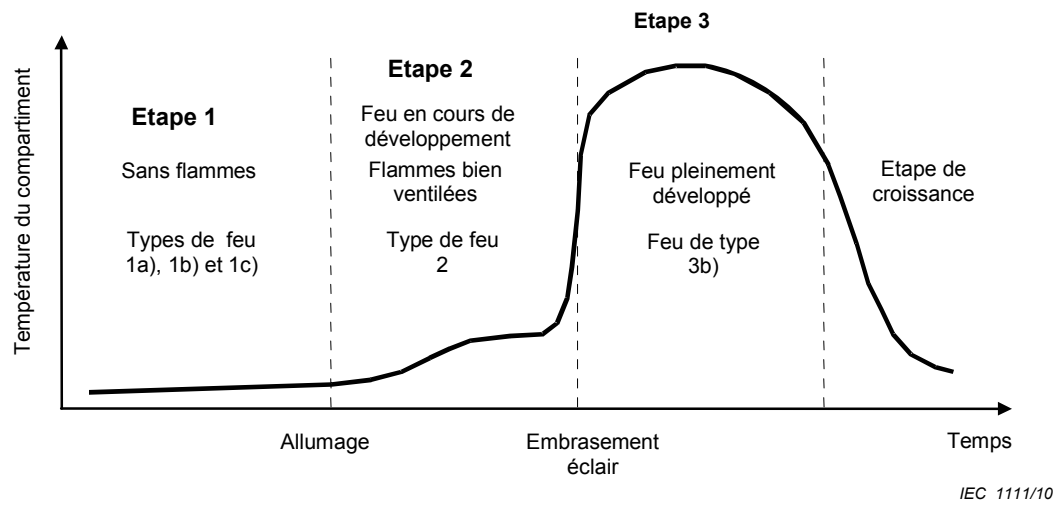


Figure 1 – Différentes étapes du développement d'un feu à l'intérieur d'un compartiment

Tableau 2 – Caractéristiques des types de feu (tiré de l'ISO 19706)

Type de feu	Eclairciment énergétique à la surface du combustible kW/m ²	Température max. °C		Volume d'oxygène %		Rapport d'équivalence combustible/ air (panache)	$\frac{[\text{CO}]}{[\text{CO}_2]}$ v/v	$\frac{100 \times [\text{CO}_2]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}]}$ Rendement %
		Surface du combustible	Couche supérieure	Entraîné	Evacué			
1 Sans flammes								
a) feu couvant (auto-entretenu)	non applicable	450 à 800	25 à 85 ^d	20	20	—	0,1 à 1	50 à 90
b) pyrolyse par oxydation provenant d'un rayonnement appliqué à l'extérieur	—	300 à 600 ^a	b	20	20	< 1	c	c
c) pyrolyse anaérobique provenant d'un rayonnement appliqué à l'extérieur	—	100 à 500	b	0	0	>> 1	c	c
2 Flammes bien ventilées ^d	0 à 60	350 à 650	50 à 500	≈ 20	≈ 20	< 1	< 0,05 ^e	> 95
3 Flammes avec ventilation insuffisante ^f								
a) feu de taille réduite, localisé, généralement dans un local mal ventilé	0 à 30	300 à 600 ^a	50 à 500	15 à 20	5 à 10	> 1	0,2 à 0,4	70 à 80
b) feu de post-embrasement éclair	50 à 150	350 à 650 ^g	> 600	< 15	< 5	> 1 ^h	0,1 à 0,4 ⁱ	70 à 90
^a La limite supérieure est inférieure à la combustion avec flammes bien ventilées d'un combustible donné.								
^b La température de la couche supérieure de la pièce où se situe le feu est très probablement déterminée par la source du rayonnement appliqué à l'extérieur et par la géométrie de la pièce.								
^c Il existe peu de données mais, pour la pyrolyse, on s'attend à ce que ce rapport varie largement en fonction de la chimie des matériaux et des conditions thermiques et de ventilation locales.								
^d La consommation en oxygène du feu est réduite comparativement au volume de la pièce ou à l'apport extérieur, le sommet de la flamme se situe en dessous de la couche supérieure de gaz chaude ou bien la couche supérieure n'est pas encore viciée de manière significative pour augmenter sensiblement le rendement en CO, les flammes ne sont pas tronquées par contact avec un autre objet, et la vitesse de combustion est commandée par la disponibilité du combustible.								
^e Le rapport peut atteindre un ordre de grandeur supérieur pour des matériaux résistant au feu. Il n'y a pas d'augmentation significative de ce rapport pour des rapports d'équivalence dont la valeur est inférieure ou égale à ≈ 0,75. Entre ≈ 0,75 et 1, une certaine augmentation de ce rapport peut se produire.								
^f La demande en oxygène du feu est limitée par l' (les) ouverture(s) de ventilation; les flammes se propagent dans la couche supérieure.								
^g Supposé être analogue aux flammes bien ventilées.								
^h Le rapport d'équivalence de panache n'a pas été mesuré; l'utilisation d'un rapport d'équivalence global est inappropriée.								
ⁱ Des exemples de rapports inférieurs ont été mesurés. Ils sont en général dus à une combustion secondaire à l'extérieur de la pièce ventilée.								

5.3 Méthodes d'essai statique

Dans un essai statique, l'éprouvette brûle dans une pièce fermée et les effluents produits s'accumulent dans le temps. Dans certains essais, un ventilateur agite l'effluent afin d'empêcher la formation de couches et de le rendre homogène. Les échantillons sont ensuite prélevés pour analyse.

5.4 Méthodes d'essai dynamique

Dans un essai dynamique, l'effluent de l'éprouvette est extrait par un circuit d'évacuation à un débit mesuré. Les échantillons peuvent être prélevés pour analyse ou, avec les systèmes d'analyse à infrarouges, une mesure continue est possible.

5.5 Mesure de la toxicité

5.5.1 Généralités

Les premières études sur la toxicité des effluents du feu étaient basées en grande partie sur l'analyse chimique des gaz de combustion et ont souvent donné des conclusions incorrectes en raison du manque de données relatives au potentiel toxique des gaz individuels, et du manque d'évaluation du rôle de la température de dégradation et de l'aération.

Les travaux élaborés dans les années 70 et au début des années 80 ont porté sur les expérimentations sur les animaux en se basant sur le fait qu'une compréhension totale des interactions potentielles entre les composants individuels des effluents du feu et la présence possible de produits présentant une toxicité anormalement élevée, ne pourraient être déterminées que par l'utilisation des animaux.

Les conclusions de ces travaux ont révélé qu'il n'y a que des effets interactifs modérés entre les constituants des effluents du feu et qu'il n'y a pas eu d'exemple de la présence de produits présentant une toxicité spécifique anormalement élevée dans les effluents du feu. Les potentiels toxiques des effluents du feu de la plupart des matériaux se sont révélés être dans un ordre d'amplitude de un et demi.

Il est possible de calculer les potentiels toxiques des mélanges de gaz de combustion de façon relativement précise, en se basant sur les résultats des analyses chimiques et sur les données toxicologiques déjà disponibles des expérimentations sur les animaux. Cela évite le besoin d'utiliser les animaux dans la mesure de routine du potentiel toxique, bien qu'il soit reconnu qu'un usage limité des expérimentations sur les animaux peut être nécessaire lorsque les données toxicologiques de base pour un effluent du feu particulier ne sont pas disponibles.

5.5.2 Méthodes basées sur des analyses chimiques

Les méthodes basées sur des analyses chimiques utilisent des techniques analytiques de laboratoire conventionnelles pour mesurer de façon statique ou dynamique les concentrations de différents gaz dans l'effluent du feu produit par le modèle physique de feu. Les méthodes comportent des tubes de Draeger, un échantillonnage des effluents du feu pour l'analyse chimique humide, la spectroscopie infrarouge (IR) incluant la spectroscopie IR par la transformée de Fourier et la spectroscopie IR non dispersive, la chromatographie gazeuse, la spectrométrie de masse et la chromatographie ionique.

L'ISO 19701 décrit les méthodes pour l'échantillonnage et pour l'analyse des effluents du feu, et l'ISO 19702 donne des lignes directrices sur l'analyse des gaz et vapeurs dans les effluents du feu à l'aide de la spectroscopie IR par la transformée de Fourier (FTIR, en anglais *Fourier transform IR*).

Il y a plusieurs facteurs qui ont un impact critique sur la précision des techniques basées sur l'analyse chimique:

- a) Il convient que les types d'effluents choisis pour analyse soient assez diversifiés pour couvrir ceux dont on peut raisonnablement attendre la présence d'après la composition connue du matériau soumis aux essais.

Dans tous les cas, il convient que le dioxyde de carbone, le monoxyde de carbone et l'oxygène soient mesurés.

- b) Il faut utiliser une méthode fiable pour évaluer la perte de masse de l'éprouvette au cours de l'essai, afin de pouvoir convertir les concentrations en gaz mesurées en concentration par unité de perte de masse de l'éprouvette.
- c) Il doit être possible de convertir les concentrations en gaz mesurées et les données de perte de masse en valeurs de potentiel toxique. Voir la CEI 60695-7-3 pour des méthodes de calcul.

5.5.3 Méthodes basées sur l'utilisation des animaux

Il n'est pas prévu que tout travail supplémentaire concernant les méthodes basées sur les expérimentations sur les animaux soit mené par la CEI.

6 Evaluation des méthodes d'essai

6.1 Paramètres à prendre en considération

Il est important de prendre en compte le ou les modèles physiques de feu les plus adaptés pour le danger à évaluer et de choisir les essais qui possèdent des modèles physiques de feu semblables à ceux qui sont évalués (voir la CEI 60695-7-2 et l'ISO/TR 16312-2).

Dans la sélection des méthodes d'essai, il convient de se poser les questions suivantes pour chaque méthode à l'étude:

- si l'essai est un essai de produit, l'essai peut-il être adapté à la géométrie et à la configuration du produit en question ?
- la méthode d'essai reproduit-elle l'étape de feu considérée ?
- l'essai fournit-il les données dans un format approprié et avec une discrimination et une résolution suffisantes ?

Si la réponse à l'une de ces questions est non, la méthode à l'étude nécessitera des modifications, ou bien il convient d'envisager une méthode de rechange.

Un logigramme indiquant les étapes à suivre pour évaluer la bonne adaptation d'une méthode existante à une nouvelle application est représenté à la Figure 2.

6.2 Sélection des éprouvettes

Différents types d'éprouvettes peuvent être soumis aux essais. Dans les essais de toxicité à petite échelle, l'éprouvette peut, souvent, être un matériau de base (solide ou liquide) ou une combinaison de matériaux. Dans de tels cas, il convient que les conditions d'essai soient choisies de façon à refléter d'aussi près que possible les conditions expérimentées par le matériau dans le scénario de feu pertinent.

Dans les essais de produits, l'éprouvette est un produit manufacturé. Dans les essais simulés de produits, l'éprouvette est une partie représentative du produit.

La nature de l'éprouvette dépend en grande partie de l'échelle de l'essai. Les essais à petite échelle sont plus adaptés aux essais des matériaux et des produits de petite taille ou d'échantillons représentatifs de produits plus gros. A plus grande échelle, des produits entiers peuvent être soumis aux essais. S'il y a le choix, il est toujours préférable de choisir une éprouvette qui reflète de plus près son utilisation finale.

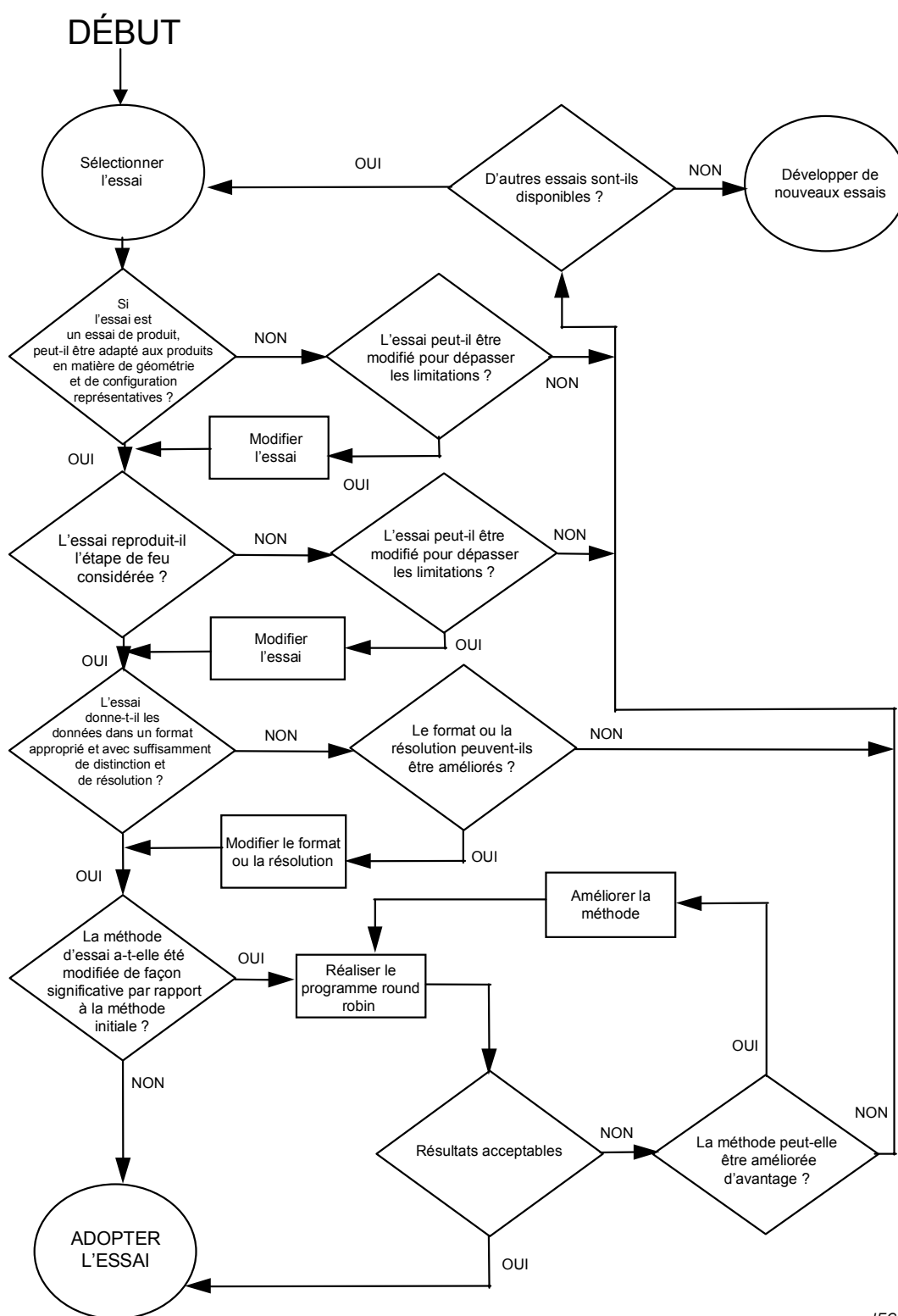
7 Pertinence des données relatives au danger toxique pour l'évaluation des dangers d'incendie

L'utilisation des méthodes d'ingénierie de la sécurité au feu permettant d'évaluer le danger d'incendie est en cours d'établissement par le TC 92 de l'ISO et le CE 89 de la CEI. Une telle évaluation du danger d'incendie tout en contribuant à prendre des décisions en matière de sécurité au feu, constitue le début de la philosophie de nombreuses normes existantes, dans lesquelles les essais individuels sont développés pour une application avec des critères de succès/défaillance. Les essais spécifiques au potentiel toxique ne peuvent pas être utilisés pour donner des critères de succès/défaillance. Les résultats ne peuvent être utilisés qu'avec d'autres données relatives au feu dans une analyse intégrée des dangers toxiques.

Le facteur le plus important affectant l'amplitude du danger toxique est la quantité d'effluents produite. Cette quantité est proportionnelle à la taille du feu qui est, tour à tour, gouvernée par la facilité d'allumage et par la vitesse de développement du feu. Il s'agit, par conséquent, de la recommandation de la présente norme, que le danger toxique des feux puisse être, dorénavant, réduit de façon sensible (c'est-à-dire augmentation de la sécurité) par le temps d'allumage et par la réduction de la vitesse de développement du feu. Ces facteurs réduiront également les vitesses de raréfaction d'oxygène, de dégagement de chaleur et de production de fumées.

Il est recommandé, actuellement, que si les données relatives au potentiel toxique des effluents du feu ne sont pas disponibles pour usage dans les analyses de danger, le potentiel toxique soit traité comme égal pour tous les scénarios de feu (voir 4.3.1). Dans une analyse initiale basée sur un modèle de perte de masse, il convient que le danger toxique soit considéré comme étant proportionnel à la quantité calculée d'effluents inhalés.

Des évaluations réalistes de la tenue au feu d'un produit ne peuvent être obtenues qu'en essayant une éprouvette à échelle véritable dans la forme et l'orientation dans lesquelles elle est réellement utilisée. Un essai isolé à petite échelle, non représentatif de l'utilisation finale du produit, ne peut qu'indiquer la réponse d'un produit au modèle physique de feu sélectionné. On souligne qu'aucun essai au feu ne peut, dans des circonstances normales, mesurer le danger d'incendie; de plus, on ne peut partir de l'hypothèse selon laquelle des résultats satisfaisants d'un essai au feu individuel normalisé garantiront un niveau de sécurité donné. Les résultats de différents essais au feu donneront des informations pour aider à la détermination et au contrôle ultérieur des dangers d'incendie.



IEC 1393/10

Figure 2 – Evaluation et prise en compte des méthodes d'essai de toxicité

Bibliographie

- [1] ISO/TS 19700:2007, *Méthode du rapport d'équivalence contrôlée pour la détermination des substances dangereuses des effluents du feu*
- [2] CEI 60695-6-1:2005, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 6-1: Opacité des fumées – Lignes directrices générales*
- [3] Peacock, R.D., Jones, W.W., Bukowski, R. W., and Forney, C. L., *Technical Reference Guide for the HAZARD I Fire Hazard Assessment Method, Version 1.1.*, NIST Handbook 146, Volume II, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD (1991)
- [4] Gann, R. G., Averill, J. D., Butler, K., Jones, W. W., Mulholland, G. W., Neviasser, J. L., Ohlemiller, T. J., Peacock, R. D., Reneke, P. A., and Hall, J. R., Jr., *International Study of the Sublethal Effects of Fire Smoke on Survival and Health: Phase I Final Report*, Technical Note 1439, National Institute of Standards and Technology (2001)
- [5] Anderson, R. A.; Willetts, P.; Cheng, K.N. and Harland, W.A. *Fire Deaths in the United Kingdom*, 1976-82., Fire and Materials, 7 (2), pp. 67-72 (1983)
- [6] Kaufman, S.; Refi, J.J., and Anderson, R. C., *USA Approach to Combustion Toxicity of Cables.*, Plastics and Rubber Compounding and Applications 15 (3) (1991)
- [7] Purser, D.A., *Proceedings of the First International Fire and Materials Conference*, Washington, USA. 24-25 September 1992, p. 179-200. ISBN 0 9516320 2 7.
- [8] Purser, D. A., *Toxicity Assessment of Combustion Products*, in the "SFPE Handbook of Fire Protection Engineering", P. J. DiNenno, Ed., 2nd ed., National Fire Protection Association, Quincy, MA, Sect. 2, pp. 85-146 (1995)
- [9] Hartzell, G. E., *Combustion Products and Their Effects on Life Safety*, in the "Fire Protection Handbook", A. E. Cote, Ed., 18th ed., National Fire Protection Association, Quincy, MA, Sect. 4, p. 10-21 (1997)
- [10] Kaplan, H. L., Grand, A. F., Switzer, W. G., Mitchell, D. S., Rogers, W. R. and Hartzell, G. E., *Effects of Combustion Gases on Escape Performance of the Baboon and the Rat*, J. Fire Sciences, 3 (4), p. 228-244 (1985)
- [11]² CEI 60695-1-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 1-10: Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Lignes directrices générales*
- [12]³ CEI 60695-1-11³, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 1-11: Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Evaluation des risques du feu*
- [13]³ CEI/TS 60695-7-50, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 7-50: Toxicité de l'effluent du feu – Estimation de la puissance toxique – Appareillage et méthode d'essai*

² Bien que ces publications ne sont pas référencées dans le texte, elles ont cependant été numérotées.

³ A l'étude.

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