IEC 60695-7-2

Edition 1.0 2011-08

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

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

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

IEC 60695-7-2:2011

THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 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 Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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 60695-7-2

Edition 1.0 2011-08

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX X

ICS 13.220.40; 29.020

ISBN 978-2-88912-628-6

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 7
1 Scope 8
2 Normative references 8
3 Terms and definitions 9
4 Role of small-scale toxicity tests 16
4.1 General 16
4.2 Toxic potency 16
4.3 Fractional effective dose (FED) and toxic hazard 17
4.4 Fractional effective concentration (FEC) 18
4.5 Generic toxic potencies 18
5 General aspects of small-scale toxicity tests 18
5.1 General 18
5.2 Physical fire models 18
5.3 Fire stages in a compartment fire 21
5.4 Methods of analysis 21
5.4.1 Chemical analysis based methods 22
5.4.2 Methods based on animal exposure 22
6 Summary of published chemical analysis based test methods 22
6.1 General 22
6.2 UK Ministry of Defence – Defence Standard (DS) 23
6.2.1 Summary 23
6.2.2 Purpose and principle 23
6.2.3 Test specimen 23
6.2.4 Test method 23
6.2.5 Repeatability and reproducibility 24
6.2.6 Relevance of test data and special observations 24
6.2.7 Reference document 25
6.3 Airbus industry 25
6.3.1 Summary 25
6.3.2 Purpose and principle 25
6.3.3 Test specimen 25
6.3.4 Test method 25
6.3.5 Repeatability and reproducibility 26
6.3.6 Relevance of test data and special observations 26
6.3.7 Reference documents 26
6.4 Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) 26
6.4.1 Summary 26
6.4.2 Purpose and principle 26
6.4.3 Test specimen 26
6.4.4 Test method 26
6.4.5 Repeatability and reproducibility 26
6.4.6 Relevance of test data and special observations 27
6.4.7 Reference documents 27
6.5 Norme Française (NF) 27
6.5.1 Summary 27

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

6.5.2 Purpose and principle 27
6.5.3 Test specimen 27
6.5.4 Test method 27
6.5.5 Repeatability and reproducibility 28
6.5.6 Relevance of test data and special observations 28
6.5.7 Reference documents 28
6.6 International Electrotechnical Commission (IEC) 28
6.6.1 Summary 28
6.6.2 Purpose and principle 28
6.6.3 Test specimen 29
6.6.4 Test method 29
6.6.5 Sampling of effluent 29
6.6.6 Repeatability and reproducibility 30
6.6.7 Relevance of test data and special observations 30
6.6.8 Reference documents 30
6.7 International Standards Organization (ISO) 30
6.7.1 Summary 30
6.7.2 Purpose and principle 30
6.7.3 Test specimen 30
6.7.4 Test method 30
6.7.5 Repeatability and reproducibility 31
6.7.6 Relevance of test data and special observations 31
6.7.7 Reference documents 31
6.8 International Maritime Organization (IMO) 31
6.8.1 Summary 31
6.8.2 Purpose and principle 31
6.8.3 Test specimen 31
6.8.4 Test method 31
6.8.5 Repeatability and reproducibility 32
6.8.6 Relevance of test data and special observations 32
6.8.7 Reference documents 32
6.9 Toxicity test for rolling stock cables 32
6.9.1 Summary 32
6.9.2 Purpose and principle 33
6.9.3 Test specimen 33
6.9.4 Test method 33
6.9.5 Repeatability and reproducibility 34
6.9.6 Relevance of test data and special observations 34
6.9.7 Reference document 34
7 Summary of published test methods relating to animal exposure 34
7.1 Deutsches Institut für Normung (DIN) 34
7.1.1 Summary 34
7.1.2 Purpose and principle 35
7.1.3 Test specimen 35
7.1.4 Test method 35
7.1.5 Repeatability and reproducibility 35
7.1.6 Relevance of test data and special observations 35
7.1.7 Reference documents 36

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

7.2 National Bureau of Standards (NBS) 36
7.2.1 Summary 36
7.2.2 Purpose and principle 36
7.2.3 Test specimen 36
7.2.4 Test method 36
7.2.5 Repeatability and reproducibility 37
7.2.6 Relevance of test data and special observations 37
7.2.7 Reference documents 37
7.3 National Institute of Standards and Technology (NIST) 37
7.3.1 Summary 37
7.3.2 Purpose and principle 38
7.3.3 Test specimen 38
7.3.4 Test method 38
7.3.5 Repeatability and reproducibility 39
7.3.6 Relevance of test data and special observations 39
7.3.7 Reference documents 39
7.4 University of Pittsburgh (Upitt) 39
7.4.1 Summary 39
7.4.2 Purpose and principle 39
7.4.3 Test specimen 39
7.4.4 Test method 40
7.4.5 Repeatability and reproducibility 40
7.4.6 Relevance of test data and special observations 40
7.4.7 Reference documents 40
7.5 Japanese fire toxicity test for building components 41
7.5.1 Summary 41
7.5.2 Purpose and principle 41
7.5.3 Test specimen 41
7.5.4 Test method 41
7.5.5 Repeatability and reproducibility 41
7.5.6 Relevance of test data and special observations 41
7.5.7 Reference documents 42
Annex A (informative) Overview of toxicity test methods 43
Bibliography 45

Figure 1 – Different phases in the development of a fire within a compartment 21

Table 1 – Characteristics of fire types (ISO 19706) 20
Table 2 – Cf values taken from DS 02-713 for various gases 24
Table 3 – Volume fraction limits for gas components 25
Table 4 – Decomposition conditions 29
Table 5 – Decomposition conditions 30
Table 6 – Volume fraction limits for gas component 32
Table 7 – CC_z values taken from EN 50305 34
Table A.1 – Overview of toxicity test methods 43

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIRE HAZARD TESTING –

Part 7-2: Toxicity of fire effluent – Summary and relevance of test methods

FOREWORD

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

International Standard IEC 60695-7-2 has been prepared by IEC technical committee 89: Fire hazard testing.

This first edition of IEC 60695-7-2 cancels and replaces the first edition of Technical Report IEC/TR 60695-7-2 published in 2002. It constitutes a technical revision and now has the status of an International Standard.

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

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

– editorial changes throughout;
– expanded normative references;
– revised terms and definitions;

– modifications to “Repeatability and reproducibility” data throughout;
– modifications to “Relevance of test data” throughout;
– modifications to Clause 5;
– new Table 1 and Figure 1;
– introduction of ISO test method in new Subclause 6.6;
– introduction of test method from EN 50305 in new Subclause 6.8;
– revised Annex A and new Table A.1;
– expanded Bibliography.

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

FDIS	Report on voting
89/1059/FDIS	89/1073/RVD

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

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

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

IEC 60695-7 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

INTRODUCTION

The IEC 60695-7 series provides guidance to IEC product committees on the adoption and implementation of the recommendations of ISO/TC 92, for the minimization of toxic hazard from fires involving electrotechnical products.

Electrotechnical products, primarily as the objects of a fire, may contribute to the fire hazard due to release of toxic effluent, which may be a significant contributing factor to the overall fire hazard.

IEC product committees incorporating requirements for the assessment of toxic hazard from fire in product standards should note that toxic potency and other measurements of toxicity which are described in this international standard should not be used directly in product specifications. Data from toxic potency test methods should only be used as part of a toxic hazard assessment, in conjunction with other product-based reaction to fire data such as mass loss rate.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

FIRE HAZARD TESTING –

Part 7-2: Toxicity of fire effluent – Summary and relevance of test methods

1 Scope

This part of IEC 60695 gives a brief summary of the test methods that are in common use in the assessment of acute toxic potency, and other toxicity tests. It includes special observations on their relevance to real fire scenarios and gives recommendations on their use.

It advises which tests provide toxic potency data that are relevant to real fire scenarios, and which are suitable for use in fire hazard assessment and fire safety engineering.

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 60695-7-1:2010, *Fire hazard testing – Part 7-1: Toxicity of fire effluent – General guidance*

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

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

ISO/IEC 13943, *Fire safety – Vocabulary*

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

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

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

ISO 16312-1:2010, *Guidance for assessing the validity of physical fire models for obtaining fire effluent toxicity data for fire hazard and risk assessment – Part 1: Criteria*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

ISO/TR 16312-2:2007, *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 19703:2010, *Generation and analysis of toxic gases in fire – Calculation of species yields, equivalence ratios and combustion efficiency in experimental fires*

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

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO/IEC 13943:2008, some of which are reproduced below for the user's convenience, as well as the following, apply.

3.1
acute toxicity
toxicity that causes rapidly occurring toxic effects

cf. **toxic potency** (3.45).

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.5]

3.2
burn, intransitive verb
undergo combustion

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.28]

3.3
burn, transitive verb
cause combustion

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.29]

3.4
combustible, adjective
capable of being ignited and burned

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.43]

3.5
combustible, noun
item capable of combustion

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.44]

3.6
combustion
exothermic reaction of a substance with an oxidizing agent

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

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.46]

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

3.7
combustion efficiency
ratio of the amount of heat release in incomplete combustion to the theoretical heat of complete combustion

NOTE 1 Combustion efficiency can be calculated only for cases where complete combustion can be defined.

NOTE 2 Combustion efficiency is dimensionless and is usually expressed as a percentage.

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.47]

3.8
complete combustion
combustion in which all the combustion products are fully oxidized

NOTE 1 This means that, when the oxidizing agent is oxygen, all carbon is converted to carbon dioxide and all hydrogen is converted to water.

NOTE 2 If elements other than carbon, hydrogen and oxygen are present in the combustible material, those elements are converted to the most stable products in their standard states at 298 K.

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.50]

3.9
concentration
mass per unit volume

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

NOTE 2 For a toxic gas, concentration is usually expressed as a volume fraction at T = 298 K and P = 1 atm, with typical units of microlitres per litre (μL/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 13943:2008, definition 4.52]

3.10
enclosure
⟨built environment⟩ volume defined by bounding surfaces, which may have one or more openings

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.77]

3.11
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 can vary and calculation of the equivalence ratio to a standard, dry air basis is required.

NOTE 2 The equivalence ratio is dimensionless.

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.81]

3.12
exposure dose
measure of the maximum amount of a toxic gas or fire effluent that is available for inhalation, calculated by integration of the area under a concentration-time curve

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

NOTE 2 For a toxic gas, typical units are microlitres times minutes per litre ($\mu L \times min \times L^{-1}$) (at T = 298 K and P = 1 atm); see 'volume fraction' 3.49.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.89]

3.13
exposure time
length of time for which people, animals or test specimens are exposed under specified conditions

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.90]

3.14
F factor
minimum concentration of a toxic gas irritant that is expected to seriously compromise the ability to escape from a fire

NOTE The concentration is usually expressed as a volume fraction at T = 298 K and P = 1 atm, in which case the typical units are microlitres per litre (μL/L), which is equivalent to cm^3/m^3 or 10^{-6}.

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.94]

3.15
fire
(general) process of combustion characterized by the emission of heat and fire effluent and usually accompanied by smoke, flame, glowing or a combination thereof

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.96]

3.16
fire effluent
totality of gases and aerosols, including suspended particles, created by combustion or pyrolysis in a fire

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.105]

3.17
fire hazard
physical object or condition with a potential for an undesirable consequence from fire

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.112]

3.18
fire hazard assessment
evaluation of the possible causes of fire, the possibility and nature of subsequent fire growth, and the possible consequences of fire

3.19
fire plume
plume
buoyant gas stream and any materials transported within it, above a fire

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.118]

3.20
fire-safety engineering
application of engineering methods based on scientific principles to the development or assessment of designs in the built environment through the analysis of specific fire scenarios or through the quantification of risk for a group of fire scenarios

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.126]

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

3.21
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 13943:2008, definition 4.129]

3.22
fire test
test that measures behaviour of a fire or exposes an item to the effects of a fire

NOTE The results of a fire test can be used to quantify fire severity or determine the fire resistance or reaction to fire of the test specimen.

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.132]

3.23
flame retardance
property of a material whereby flaming combustion is slowed, terminated or prevented

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

NOTE 2 The degree of flame retardance exhibited by a material during testing can vary with the test conditions.

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.138]

3.24
flame retardant, noun
substance added, or a treatment applied to a material in order to suppress or delay the appearance of a flame and/or reduce the flame-spread rate

NOTE The use of (a) flame retardant(s) does not necessarily suppress fire or terminate combustion.

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.139]

3.25
flame retarded
treated with a flame retardant

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.141]

3.26
flashover
(stage of fire) transition to a state of total surface involvement in a fire of combustible materials within an enclosure

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.156]

3.27
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, fractional effective concetration 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

NOTE 3 The FEC is dimensionless.

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.159]

3.28
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 13943:2008, definition 4.160]

3.29
fully developed fire
state of total involvement of combustible materials in a fire

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.164]

3.30
heat flux
amount of thermal energy emitted, transmitted or received per unit area and per unit time

NOTE The typical units are watts per square metre ($W \times m^{-2}$).

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.173]

3.31
ignition source
source of energy that initiates combustion

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.189]

3.32
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 13943:2008, definition 4.194]

3.33
lethal concentration 50
LC_{50}
concentration of a toxic gas or fire effluent, statistically calculated from concentration-response data, that causes death of 50 % of a population of a given species within a specified exposure time and post-exposure time

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

NOTE 2 For a toxic gas, the typical units are microlitres per litre (μL/L) at T = 298 K and P = 1 atm; see 'volume fraction' 3.49.

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.207]

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

3.34
lethal exposure dose 50
***LCt*$_{50}$**
product of LC_{50} and the exposure time over which it is determined

cf. **concentration** (3.9) and **exposure dose** (3.12).

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 × min × m^{-3}).

NOTE 3 For a toxic gas, typical units are microlitres times minutes per litre (μL × min × L^{-1}) at T = 298 K and P = 1 atm; see 'volume fraction' 3.49.

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.208]

3.35
lethal toxic potency
toxic potency where the specific toxic effect is death

cf**. lethal exposure dose 50**, LCt_{50} (3.34).

3.36
mass loss concentration
⟨closed system⟩ mass of the test specimen consumed during combustion divided by the test chamber volume

NOTE The typical units are grams per cubic metre (g × m^{-3}).

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.222]

3.37
mass loss concentration
⟨open system⟩ mass of the test specimen consumed during combustion divided by the total volume of air passed through the test apparatus

NOTE 1 The definition assumes that the mass is dispersed in the air flow uniformly over time.

NOTE 2 The typical units are grams per cubic metre (g × m^{-3}).

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.223]

3.38
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 13943:2008, definition 4.251]

3.39
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 13943:2008, definition 4.266]

3.40
real-scale fire test
fire test that simulates a given application, taking into account the real scale, the real way the item is installed and used, and the environment

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

NOTE Such a fire test normally assumes that the products are used in accordance with the conditions laid down by the specifier and/or in accordance with normal practice.

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.273]

3.41
smoke
visible part of fire effluent

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.293]

3.42
test specimen
item subjected to a procedure of assessment or measurement

NOTE In a fire test, the item may be a material, product, component, element of construction, or any combination of these. It may also be a sensor that is used to simulate the behaviour of a product.

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.321]

3.43
thermal decomposition
process whereby the action of heat or elevated temperature on an item causes changes to the chemical composition

NOTE This is different from thermal degradation.

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.323]

3.44
toxic
poisonous

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

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.335]

3.45
toxic hazard
potential for harm resulting from exposure to toxic combustion products

cf. **fire hazard** (3.17).

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.337]

3.46
toxic potency
measure of the amount of toxicant required to elicit a specific toxic effect

cf. **lethal exposure dose 50** (3.34).

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

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.338]

3.47
toxicant
toxin
toxic substance

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.340]

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

3.48
toxicity
toxic quality

cf. **acute toxicity** (3.1) and **toxic potency** (3.46).

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.341]

3.49
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 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 (μL/L), which is equivalent to cm^3/m^3 or 10^{-6}), or as a percentage.

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.351]

3.50
volume yield
volume, at 298 K and 1 atm, of a component of fire effluent divided by the mass loss of the test specimen associated with the production of that volume

NOTE The typical units are cubic metres per gram ($m^3 \times g^{-1}$).

[ISO/IEC 13943:2008, definition 4.352]

4 Role of small-scale toxicity tests

4.1 General

Small-scale toxicity tests, and toxic potency tests in particular, serve a very specific purpose – to generate data to be used in toxic hazard assessments, fire hazard assessments, or fire-safety engineering calculations.

These tests are often wrongly interpreted as providing data which give a direct indication of the toxicity or toxic hazard associated with a material or product. Such interpretations are invalid and are contrary to the guidance given in ISO 19706 and IEC 60695-7-1, and are likely to lead to incorrect assumptions about the contribution of a given material or product to toxic hazard.

Therefore, the data from small-scale toxicity tests should not be used directly in product specifications, or to imply in isolation, any level of toxic hazard.

Data from toxic potency test methods should only be used as part of a toxic hazard assessment in conjunction with other product based reaction to fire data such as mass loss rate.

4.2 Toxic potency

The term toxic potency is a specific technical term in fire science. It is the measure of the amount of toxicant required to elicit a specific toxic effect. One specific toxic potency that is

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

commonly used is the exposure dose that causes the death of 50 % of exposed organisms. This is known as the LCt_{50} (lethal exposure dose 50).

The exposure dose of the i^{th} toxic component, $[D]_i$, in a mixture of toxic components, is defined by the following equation:

$$[D]_i = \int C_i \, dt = X_i \frac{1}{V} \int m \, dt = X_i \, D_m$$

or, if the volume fraction of the i^{th} toxic component is constant over time,

$$[D]_i = C_i \times t$$

where

C_i is the volume fraction of the i^{th} toxic component;

X_i is the volume yield of the i^{th} toxic component from a toxic potency test;

D_m is the mass loss concentration integral, which is the integral of the mass lost over the exposure time, t, divided by the volume of the fire effluent;

m is the mass of the test specimen lost during the time of exposure;

t is the exposure time, and

V is the volume into which the fire effluent is dispersed.

In both cases the exposure dose has units of volume fraction × time, e.g. min.

In some cases, m/V, known as "mass loss concentration", is used instead of the volume fraction, in which case the exposure dose has units of concentration × time, e.g. g × min × m^{-3}.

Suppose that a 30 min exposure to a mass loss concentration of 20 g × m^{-3} causes the defined effect, then the toxic potency of the material is 600 g × min × m^{-3}. This means that, for example, an exposure of 10 min to a mass loss concentration of 60 g × m^{-3} is assumed to cause the defined effect. Similarly, an exposure of 20 min to a mass loss concentration of 30 g × m^{-3} is also assumed to cause the same defined effect.

The toxic potency of the fire effluent from a given material will vary according to the physical fire model used to generate the fire effluent. In particular, temperature and ventilation conditions are critical variables. This is discussed further in 5.1.

4.3 Fractional effective dose (*FED*) and toxic hazard

Toxic potency is only one of the factors which determines the toxic hazard posed in any given fire scenario in that it defines the toxic effect caused by the fire effluent, expressed per unit of mass loss. To estimate the toxic hazard posed by a particular product in a given scenario, it is equally important to have the data which define how much fire effluent is released, as a function of time (the mass loss characteristics of the product), and to know the volume into which this fire effluent is dispersed.

For a given dispersal volume, the toxic hazard is proportional to the product of the toxic potency and the mass loss rate characteristics of the product in question. Therefore a material with a high toxic potency and low end product mass loss rate could pose a similar toxic hazard to a material with low toxic potency and high end product mass loss rate.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

4.4 Fractional effective concentration (*FEC*)

For sensory and/or upper respiration irritants, the basic principle for assessing the toxic hazard 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 (see ISO 13571).

4.5 Generic toxic potencies

It is important to realise that to carry out a toxic hazard assessment it is not always necessary to have toxic potency data on the material(s) in question. Extensive work in ISO and work published elsewhere has shown that most materials produce fire atmospheres of similar toxic potency.

Therefore, for the purpose of an initial toxic hazard assessment of any fire scenario, it is recommended that a generic toxic potency of 900 g × min × m^{-3} is assumed for all materials in well-ventilated pre-flashover fires and 450 g × min × m^{-3} for vitiated post-flashover fires (see 7.4 of ISO 13571:2007). The robustness of assuming a generic toxic potency can then be evaluated by repeating the assessment, using toxic potency values of 50 % and 200 % of the assumed generic value. If the alternative toxic potency values significantly change the outcome of the assessment, then further, more accurate toxic potency data may be required.

5 General aspects of small-scale toxicity tests

5.1 General

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

a) decomposition conditions (the physical fire model), 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 real 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.

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.

5.2 Physical fire models

A given material does not have a single toxic potency associated with it.

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, the toxic potency of fire effluent is dependent on burning conditions. 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 nature and the amounts of both asphyxiant and irritant species that are produced. For example, if a material contains nitrogen, then in vitiated conditions ammonia and hydrogen cyanide tend to be formed, whereas in well-ventilated conditions oxides of nitrogen tend to be produced.

Burning conditions also affect the efficiency of the conversion of carbon to oxides of carbon (carbon monoxide and carbon dioxide – the CO_2/CO ratio). A lower CO_2/CO ratio indicates a

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

higher proportion of carbon monoxide, which will result in a lower toxic potency value (i.e. more toxic)

It is critical to show that the test conditions defined in a standardized test method (the physical fire model) are relevant to, and replicate, the desired fire type in the fire scenario of concern. ISO has published a general classification of fire types in ISO 19706, as shown in Table 1. The important factors affecting the toxic potency of fire effluent are oxygen concentration and irradiance/ temperature.

In ISO 16312-1 guidance is given concerning the criteria for the assessment of the validity of physical fire models for obtaining fire effluent toxicity data for fire hazard and risk assessment and ISO/TR 16312-2 gives evaluations of individual physical fire models.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

Table 1 – Characteristics of fire types (ISO 19706)

Fire type	Heat flux to fuel surface kW/m^2	Max. temperature °C		Oxygen volume %		Fuel/air equivalence ratio (plume)	$\frac{[CO]}{[CO_2]}$ v/v	$\frac{100\times[CO_2]}{([CO_2]+[CO])}$ % 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. Under-ventilated flaming [f]								
a) small, localized fire, generally in a poorly ventilated compartment	0 to 30	300 to 600 [a]	50 to 500	15 to 20	5 to 10	> 1	0,2 to 0,4	70 to 80
b) post-flashover fire	50 to 150	350 to 650 [g]	> 600	< 15	< 5	> 1 [h]	0,1 to 0,4 [i]	70 to 90

a The upper limit is lower than for well-ventilated flaming combustion of a given combustible.

b The temperature in the upper layer of the fire room is most likely determined by the source of the externally applied radiation and room geometry.

c There are few data; but for pyrolysis, this ratio is expected to vary widely depending on the material chemistry and the local ventilation and thermal conditions.

d The fire's oxygen consumption is small compared to that in the room or the inflow, the flame tip is below the hot gas upper layer or the upper layer is not yet significantly vitiated to increase the CO yield significantly, the flames are not truncated by contact with another object, and the combustion 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

5.3 Fire stages in a compartment fire

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 and Table 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 threats 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 threats 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.

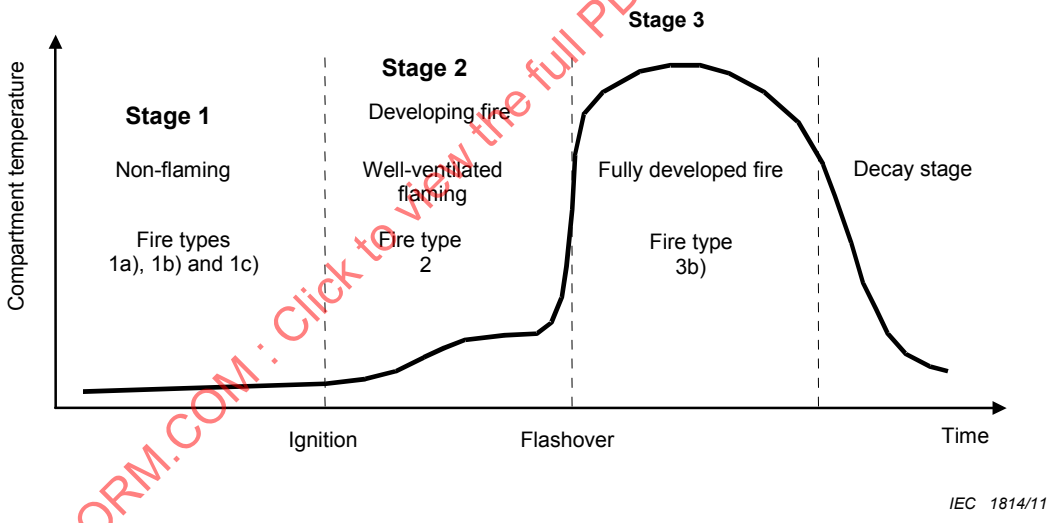

Figure 1 – Different phases in the development of a fire within a compartment

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

5.4 Methods of analysis

Early studies on the toxicity of fire effluent were based largely on the chemical analysis of fire gases and often gave faulty conclusions because of the poor quality of the data concerning 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 specific toxicity, could only be determined by animal exposure.

The conclusions from this work are 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.

5.4.1 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 [1][1].

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 shall 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 concentrations per unit mass loss of test specimen;

c) it shall be possible to convert the measured gas concentrations and mass loss into toxic potency values. See IEC 60695-7-3 for a calculation method.

In ISO 19701, methods for the sampling and analysis of fire effluents are reviewed, and in ISO 19702 guidance is given on the use of FTIR (Fourier transform infra-red analysis).

5.4.2 Methods based on animal exposure

It is not recommended that any further work should be conducted on methods based on animal testing.

NOTE If test specimen mass loss is not measured in an animal exposure test, then the yields of toxic components cannot be calculated.

6 Summary of published chemical analysis based test methods

6.1 General

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

The chemical analysis based test methods reviewed in this clause were selected on the basis that they are published international, national or industry standards, and are in common use in the electrotechnical field. It is not intended to review all possible test methods.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

[1] Numbers in square brackets refer to the bibliography.

6.2 UK Ministry of Defence – Defence Standard (DS)

6.2.1 Summary

The test described in DS 02-713 [2] explores the toxicity of products of combustion in terms of small molecular species arising when a small sample of a material is completely burnt in excess air under specified conditions.

6.2.2 Purpose and principle

Analytical data of certain small molecular gaseous species arising from the complete combustion under flaming conditions of the material under test are mathematically computed using the exposure level (volume fraction) of each gas to cause death within 30 min as a base, to derive a combined toxicity index.

6.2.3 Test specimen

A sufficient number of test specimens (normally three) are cut from the material under test. The mass of the test specimen is chosen so as to provide optimum analytical precision, dependent on the nature of the combustion products and the sensitivity of the analytical procedure.

6.2.4 Test method

The apparatus is an airtight enclosure of at least 0,7 m^3 lined with opaque plastic sheeting such as polypropylene. The chamber is equipped with a mixing fan. A methane bunsen burner having a temperature of 1 150 °C ± 50 °C is the heat source, and the test specimen is supported to locate it within the flame boundary. The burn period is continued to ensure complete combustion of the whole test specimen, and the time is recorded.

The test chamber atmosphere is sampled using colorimetric gas detection tubes. After complete combustion, the burner is extinguished. For a period of 30 s a mixing fan is used. This is switched off and the gases are sampled. Tests for halogen containing gases are performed first. The gases monitored are: carbon monoxide, carbon dioxide, hydrogen sulphide, ammonia, formaldehyde, hydrogen chloride, acrylonitrile, sulphur dioxide, oxides of nitrogen (NO_x), phenol, hydrogen cyanide, hydrogen bromide, hydrogen fluoride, and phosgene.

A background correction factor for the gases to be measured is also determined using a test run with no sample present.

The results are expressed as a toxicity index, based on a weighted calculation as follows:

$$\text{Toxicity index} = \sum C_\theta / C_f$$

where

C_f is the volume fraction of the gas considered lethal for a 30 min exposure time as shown in Table 2;

C_θ is the volume fraction of each gas produced when 100 g of material is burnt and the combustion products are dispersed into 1 m^3 of air.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

Table 2 – C_f values taken from DS 02-713 for various gases

Gas	C_f value × 10^6
Carbon dioxide	100 000
Carbon monoxide	4 000
Hydrogen sulphide	750
Ammonia	750
Formaldehyde	500
Hydrogen chloride	500
Acrylonitrile	400
Sulphur dioxide	400
Nitrogen oxides	250
Phenol	250
Hydrogen cyanide	150
Hydrogen bromide	150
Hydrogen fluoride	100
Phosgene	25

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

6.2.5 Repeatability and reproducibility

No data are available.

Early versions of the test suffered from poor reproducibility due to the inadequate specification of the test chamber. The use of colorimetric tubes also introduces significant errors both due to the lack of precision of the tubes, and also the time delay caused by the sequential analysis method. There can be significant decay in the gas concentrations during the sampling period, which can be as long as 30 min.

6.2.6 Relevance of test data and special observations

This test method is now widely criticized (see e.g. 6.5.10 of ISO 16312-2:2007 and reference [3]):

a) the combination of flame temperature and ventilation conditions mean that the physical fire model used in this method does not correspond to any of the fire types described in Table 1;

b) the weighting values used in the calculation of the overall toxicity index are outdated and liable to cause unjustified bias against certain classes of materials, and

c) the data are expressed in a format which is unsuitable for use in toxic hazard assessment.

Overall, this method is not recommended as the basis for further development for electrotechnical products. It should not be used as the basis for regulation or other controls on the toxic hazard for electrotechnical products, because of the limitations of the physical fire model, the calculation method and the format of the final data. The data from this test should not be used as input to toxic hazard assessments, fire hazard assessments or fire safety engineering calculations.

In common with many physical fire models, no indication is given about the rate of combustion, so flame retarded materials can be forced to undergo combustion at the same rate as materials without any flame retardance. Therefore, additional data input on combustion rates in different fire types is required for fire hazard assessments.

This test method is discussed in ISO 16312-2.

The UK Ministry of Defence intends to replace this test with NATO AFAP-3 (see 6.4.6).

6.2.7 Reference document

DS 02-713 [2].

6.3 Airbus industry

6.3.1 Summary

Airbus ABD 0031 [4] contains the fire worthiness design criteria for use inside the pressurized section of the fuselage of Airbus commercial aeroplanes. It specifies the fire-smoke-toxicity (FST) requirements and the applicable test methods. The following relates to the toxicity requirements only.

6.3.2 Purpose and principle

Non-metallic parts and sub-assemblies that are intended to be used inside the pressurized portion of the fuselage of transport category aircraft, except for materials used in small parts such as knobs, handles, rollers, fasteners, clips, grommets, rubber strips, pulleys and small electrical parts, are tested as described in 6.3.4.

6.3.3 Test specimen

The test method uses the same size test specimens as described in IEC 60695-6-30 [5], i.e. 76,2 mm × 76,2 mm × the intended installation thickness.

6.3.4 Test method

The test is performed in combination with (not simultaneously) the smoke density test in the NBS (National Bureau of Standards) smoke chamber according to ASTM E-662 [6].

The gas sampling procedure starts immediately after the 4 min smoke test run and after 16 min for electrical wire/cable insulation materials.

At least two test specimens are tested for each test condition (flaming and non-flaming).

Methods used for chemical analysis are e.g. ion chromatography or gas chromatography. Other methods may be used but it has to be demonstrated by comparison tests that equivalent results are obtained.

The observed volume fractions of the following gases are compared against the specification limits. The average volume fraction of the following gas components of smoke should not exceed the limits listed in Table 3 within the relevant test duration (4 min and 16 min respectively), under both flaming and non-flaming conditions.

Table 3 – Volume fraction limits for gas components

Gas component	Limit of volume fraction × 10^6
Hydrogen fluoride	100
Hydrogen chloride	150
Hydrogen cyanide	150
Sulfur dioxide	100
Nitrous gases	100
Carbon monoxide	3 500

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

6.3.5 Repeatability and reproducibility

No data are available.

6.3.6 Relevance of test data and special observations

Fire and ventilation conditions do not allow a comparison between this physical fire model and any of the fire types described in Table 1.

Only a limited number of gas components is considered.

6.3.7 Reference documents

ASTM E-662 [6]

AITM 2.0007 [7]

AITM 2.0008 [8]

AITM 3.0005 [9]

6.4 Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI)

6.4.1 Summary

The test described in CEI 20-37/7 [10] is used for the determination of opacity and corrosivity of smoke, and a toxicity index of gases evolved during the combustion of electric cables and their compounds.

6.4.2 Purpose and principle

This test is used to measure the quantity of various gases evolved during the combustion of a small test specimen of material in a tube furnace with continuous air flow.

A toxicity index is calculated based on measured gas concentrations and a series of weighting factors.

6.4.3 Test specimen

The test specimen, with a typical mass of 1,0 g, consists of a piece of material or a test specimen cut from an end-product.

6.4.4 Test method

The test specimen is introduced into a quartz tube in a tube furnace set at 800 °C ± 10 °C and an air flow of 120 l × h^{-1} ± 5 l × h^{-1} is passed through the tube and over the test specimen.

The fire effluent is passed through wash bottles, and the insoluble effluent is collected in a gas bag.

The gases monitored include: carbon monoxide, carbon dioxide, sulphur dioxide, formaldehyde, ammonia, hydrogen cyanide, hydrogen chloride, hydrogen bromide, hydrogen fluoride, hydrogen sulphide, acrylonitrile and nitrogen oxides.

Different methods are used for chemical analysis, e.g. spectrophotometry, gas chromatography, infrared analysis and potentiometry.

6.4.5 Repeatability and reproducibility

No data are available.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

6.4.6 Relevance of test data and special observations

The test temperature and ventilation conditions in this method are such that the physical fire model does not correspond to any of the fire types described in Table 1. However, with modifications to either the test temperature or air flow rate, the physical fire model could be made to replicate fire types 2 or 3b (see Table 1).

The mass loss of the test specimen is not recorded during or after the test and, therefore, results cannot be expressed as toxic potency.

In common with many physical fire models, no indication is given about the rate of combustion, so flame retarded materials can be forced to undergo combustion at the same rate as materials without any flame retardance. Therefore, additional data input on combustion rates in different fire types is required for fire hazard assessments.

A similar test, AFAP-3[11], has been developed by NATO, in which tests are carried out at 350 °C or 800 °C in an air flow of 2 $l \times min^{-1}$. In addition to the determination of carbon monoxide, carbon dioxide, hydrogen cyanide, hydrogen fluoride, hydrogen chloride, hydrogen bromide, nitrogen oxides and sulphur dioxide, this variant requires the determination of acrylonitrile, ammonia, phenol, benzene, styrene and toluene under both conditions, and also the determination of hydrogen sulphide, formic acid, carbon disulphide and acetaldehyde at 350 °C [12].

6.4.7 Reference documents

CEI 20-37/7 [10]

NATO AFAP-3 [11]

6.5 Norme Française (NF)

6.5.1 Summary

The tests described in NF C20-454 [13] and NF X70-100 [14], [15] are used for the determination of a toxicity index of gases evolved during the combustion of test specimens in a tube furnace. NF C20-454 is for materials used in electrotechnical applications, and NF X70-100 was developed for testing products and materials used in the railway industry.

6.5.2 Purpose and principle

This tests measure and quantify the different gases evolved during the combustion or pyrolysis of test specimens.

The gases monitored include: carbon monoxide, carbon dioxide, hydrogen chloride, hydrogen bromide, hydrogen fluoride, hydrogen cyanide, oxides of nitrogen (NO and NO_2), sulphur dioxide, formaldehyde and acrolein.

6.5.3 Test specimen

The test specimen, with a typical mass of 1,0 g, consists of a piece of material or a test specimen cut from an end-product.

6.5.4 Test method

The test specimen is placed in a porcelain boat inside a quartz combustion tube and introduced into an annular furnace set at 800 °C or, in the case of NF X70-100, 400 °C or 600 °C. An air flow of 120 $l \times h^{-1}$ is passed through the tube, over the test specimen.

A variety of analytical methods can be used, including chromatography, potentiometry, classical wet chemistry, IR and FTIR.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

6.5.5 Repeatability and reproducibility

Data from interlaboratory testing are reported in NF X70-100-1 [14].

6.5.6 Relevance of test data and special observations

The test temperature and ventilation conditions in this method means that the physical fire model does not correspond to any of the fire types as described in Table 1. However, with modifications to either the test temperature or air flow rate, the physical fire model could be made to replicate fire types 2 or 3b (see Table 1).

The mass loss of the test specimen is not recorded during or after the test and, therefore, results cannot be expressed as toxic potency.

In common with many physical fire models, no indication is given about the rate of combustion, so flame retarded materials can be forced to undergo combustion at the same rate as materials without any flame retardance. Therefore, additional data input on combustion rates in different fire types is required for fire hazard assessments.

Results from NF X70-100 tests have been compared with gas yields from real-scale fire tests of materials used in trains [16]. Some reasonable correlations were found for the toxicity of structural materials.

NF X70-100 is one of the toxicity test methods specified in CEN TS 45545-2 [17].

NF X70-100 is discussed in ISO 16312-2.

6.5.7 Reference documents

NF C20-454 [13]

NF X70-100-1 [14]

NF X70-100-2 [15]

CEN TS 45545-2 [17]

6.6 International Electrotechnical Commission (IEC)

6.6.1 Summary

IEC 60695-7-50 [18] describes the generation of fire effluent and the identification and measurement of its constituent combustion products. This test method uses a moving test specimen and a tube furnace at different temperatures and air flow rates. The method is designed to reproduce certain decomposition conditions in a range of fire types as characterized in Table 1.

This test method is designed to model closely fire types 1b, 2 and 3b (see Table 1), and also has the potential to model others, as necessary. In this test, the measurement of fire effluent is made using test specimens which may be taken from end-products, or, if the apparatus and method allows, may be an end-product.

6.6.2 Purpose and principle

The test method described is based upon the same concept as the DIN 53436-1 [19] method. The types of tube furnace and quartz furnace tube selected are those currently specified by IEC 60754-2 [20] which gives a known performance under the conditions of test and is widely available.

In this test method, a test specimen of material in the form of a strip, broken up in small pieces, is introduced into a quartz furnace tube at a constant rate, and a current of primary air is passed through the quartz furnace tube over the test specimen to support combustion. The

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

effluent is expelled from the quartz furnace tube into a mixing and measurement chamber where it is diluted with secondary air. The effluent is then analyzed and evacuated.

The decomposition conditions in the quartz furnace tube are set using different combinations of temperature and primary air flow rate in separate runs, to model the decomposition condition in a range of fire types as characterized in Table 1, or as required.

6.6.3 Test specimen

The test specimen is uniformly distributed along the length of the combustion boat, so that a constant flow of decomposition products is produced as the sample passes through the quartz furnace tube. The combustible loading should be approximately 10 g spread over 400 mm (25 g × m^{-1}).

In all cases, however, it is essential that the uniform distribution of the test specimen is maintained and that the combustible loading per unit length is known so that the rate of decomposition can be determined.

6.6.4 Test method

Each material should be tested under one or more of the decomposition conditions set out in Table 4:

Table 4 – Decomposition conditions

Fire type		T max °C	Primary air flow l × min^{-1}
1b	Non-flaming decomposition (oxidative)	350	1,1
2	Developing fire (flaming)	650	22,6
3b	Fully developed fire (flaming), relatively low ventilation	825	2,7

The furnace temperature is raised to the desired temperature at the desired primary air flow rate. The primary air should be clean and dry (relative humidity less than 1 % at 25 °C). The test specimen is spread uniformly along the combustion boat and the combustion boat is introduced into the quartz furnace tube so that the front end is 50 mm from the air inlet end of the tube furnace entrance. The required secondary air flow is set to give a total flow rate through the mixing chamber of 50 l × min^{-1}. The sampling and measurement equipment are calibrated, and the experimental run is started. The test specimen is moved through the quartz furnace tube at a rate of 40 mm × min^{-1}.

6.6.5 Sampling of effluent

Samples for analytical measurement are taken continuously from the chamber at a flow rate of 2 l × min^{-1} ± 0,05 l × min^{-1} through a drying agent and a smoke filtration system, through the appropriate analyzers, and the results recorded continuously together with the optional smoke optical density. For experiments with flames, observations are made down the quartz furnace tube to determine when ignition occurs, or to ensure that flaming is absent during non-flaming experiments. The fire condition can also be verified from the gas and smoke measurements. The outputs from the gas and smoke monitors are observed during the early stages of the run.

When these have reached constant levels, then dynamic steady state conditions have been achieved. The decomposition conditions should remain steady for a minimum of 10 min to enable the test specimen decomposition behaviour and toxic product yields to be characterized.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

6.6.6 Repeatability and reproducibility

No data are available.

6.6.7 Relevance of test data and special observations

Results of this test method can be used to estimate toxic potency based on the fractional effective dose (FED) principle as described in IEC 60695-7-51 [21].

In common with many physical fire models, no indication is given about the rate of combustion, so flame retarded materials can be forced to undergo combustion at the same rate as materials without any flame retardance. Therefore, additional data input on combustion rates in different fire types is required for fire hazard assessments.

6.6.8 Reference documents

IEC 60695-7-50 [18]

DIN 53436-1 [19]

IEC 60754-2 [20]

IEC 60695-7-51 [21]

6.7 International Standards Organization (ISO)

6.7.1 Summary

ISO/TS 19700 [22] is a tube furnace test method based on the IEC test method IEC 60695-7-50. The ISO test was first developed in the UK as BS 7990 [23].

6.7.2 Purpose and principle

Samples of a material or product are combusted under steady-state conditions in one or more of four environments whose temperature and equivalence ratio are representative of a particular stage of a fire. The four types of fire to be represented are: oxidative pyrolysis, well-ventilated flaming developing fires, small flaming vitiated fires, and post-flashover vitiated fires, as defined in ISO/TS 19706.

6.7.3 Test specimen

The test specimen is uniformly distributed along the length of the combustion boat, so that a constant flow of decomposition products is produced as the sample passes through the quartz furnace tube. The combustible loading should be approximately 20 g spread over 800 mm (25 g × m^{-1}). Preferably the test specimen should be in the form of a rod of uniform cross-sectional area.

6.7.4 Test method

Each material is tested under one of the following conditions as listed in Table 5.

Table 5 – Decomposition conditions

Fire type (see Table 1)	Furnace temperature	Primary air flow	Equivalence ratio ϕ
1b, oxidative pyrolysis	350 °C	2 $dm^3 \times min^{-1}$	N/A
2, well-ventilated flaming	650 °C	10 $dm^3 \times min^{-1}$ or 15 $dm^3 \times min^{-1}$	< 0,75
3a, small vitiated fire in a closed or poorly ventilated compartment	650 °C	variable	2,0
3b, post-flashover fire in an open compartment	825 °C	variable	2,0

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

6.7.5 Repeatability and reproducibility

Repeatability data are given for PMMA in ISO/TS 19700. Reproducibility had not been quantified when the ISO/TS 19700 was published.

6.7.6 Relevance of test data and special observations

Toxic potency data can be obtained under conditions corresponding to fire types 1b, 2, 3a and 3b. Annexes in ISO/TS 19700 show how the data obtained can be used in accordance with ISO 13344 and ISO 13571.

This test method involves preliminary tests so as to set the sample loading and air flow so that, during steady-state decomposition, the desired equivalence ratios of fuel to oxygen are achieved. It is probably the most technically sophisticated standardised toxic potency test currently available, but as a consequence is also technically complex, which can be viewed as a limitation.

In common with many physical fire models, no indication is given about the rate of combustion, so flame retarded materials can be forced to undergo combustion at the same rate as materials without any flame retardance. Therefore, additional data input on combustion rates in different fire types is required for fire hazard assessments.

BS 7990 is discussed in ISO 16312-2.

6.7.7 Reference documents

IEC 60695-7-50 [18]

BS 7990 [23]

ISO/TS 19700 [22]

6.8 International Maritime Organization (IMO)

6.8.1 Summary

The IMO FTP [24] code smoke generation test is conducted in accordance with ISO 5659-2 [25]. Both smoke density and toxicity are measured during this test.

6.8.2 Purpose and principle

This test method with evaluation criteria is used as a mandatory test method for surface finish materials used on board ships under fire safety requirements of the International Convention of Safety of Life at Sea 1974 (SOLAS) as amended. The test method is specified in the International Code for Application of Fire Test Procedures (FTP Code) adopted by IMO as resolution MSC 61 (67) in 1996. For the chemical analysis of fire effluent, FTIR or another traceable analysis method is recommended.

6.8.3 Test specimen

The dimensions of the test specimen are 75 mm × 75 mm, as specified in ISO 5659-2 [25].

6.8.4 Test method

This test method is generally carried out in accordance with ISO 5659-2 [25]. The duration of the test is for a minimum of 10 min with the test extended for a further 10 min if the minimum light transmittance value has not been reached.

Three test specimens are tested as follows:

a) 25 kW × m^{-2} irradiance in the presence of a pilot flame;

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

b) 25 kW × m^{-2} irradiance in the absence of a pilot flame; and

c) 50 kW × m^{-2} irradiance in the absence of a pilot flame.

The results are expressed as gas volume fractions. Maximum permitted values are given below (see Table 6):

Table 6 – Volume fraction limits for gas component

Gas component	Limit of volume fraction × 10^6
Carbon monoxide	1 450
Hydrogen chloride	600
Sulphur dioxide	120
Nitrogen oxides	350
Hydrogen cyanide	140
Hydrogen bromide	600
Hydrogen fluoride	600

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

6.8.5 Repeatability and reproducibility

No data are available.

6.8.6 Relevance of test data and special observations

The equivalence ratio changes during the test. Chemical analysis methods are susceptible to error and interference. Fire gases pass through the conical heater and may accumulate in the upper part of the cabinet since fan stirring is not used. Deposition of gas on soot and on the walls of the chamber can occur. There are no reported comparisons of toxic gas generation with data from real-scale fire tests.

Whilst relatively easy to perform, this method is of questionable value for generating effluent toxicity data for use in fire hazard analysis.

A toxicity test using the same chamber is specified in CEN/TS 45545-2 [17].

Tests using this smoke chamber are discussed in ISO 16312-2.

6.8.7 Reference documents

IMO FTP Code [24]

ISO 5659-2 [25]

CEN/TS 45545-2 [17]

6.9 Toxicity test for rolling stock cables

6.9.1 Summary

The test described in 9.2 of EN 50305 [44] is used to measure the toxicity of combustion products produced when a small sample of a material is completely burnt in excess air under specified conditions. The material is from the insulation or sheath or other non-metallic component taken from a rolling stock cable.

It only applies to materials defined as ‘halogen-free’. Quantitative analyses for sulphur dioxide and oxides of nitrogen are only undertaken if preliminary qualitative tests (by sodium fusion) have shown that sulphur and nitrogen are present in the material.

NOTE ‘Halogen-free’ is as defined in Clause 3 of EN 50306-1 [45].

6.9.2 Purpose and principle

Analytical data of certain small molecular gaseous species arising from the combustion at 800 °C of the material under test are mathematically computed, using for each species a ‘critical concentration for a 30 min exposure’, to derive a combined toxicity index.

6.9.3 Test specimen

The test specimen is approximately 1 g and is a piece of the insulation or sheath or other non-metallic component taken from a rolling stock cable.

6.9.4 Test method

The apparatus is a tube furnace as described in EN 50267-1 [46].

The combustion tube is maintained at a temperature of 800 °C. A test specimen of material is introduced into the combustion tube and a current of air is passed through the tube over the test specimen to support combustion. The effluent is then analysed for carbon monoxide, carbon dioxide and hydrogen cyanide. If the test sample has been shown to contain sulphur, sulphur dioxide is also analysed. If the test sample has been shown to contain nitrogen, oxides of nitrogen are also analysed.

The air supply can be pushed or pulled. In the latter case air gas bags are used to collect gases at the end of the circuit. When air is pushed, continuous analysis is possible for carbon monoxide, carbon dioxide, hydrogen cyanide and sulphur dioxide. Discontinuous analysis is also possible for these gases as well as for oxides of nitrogen. Details of methods of analysis are given in Annex E of EN 50305.

The results are expressed as a toxicity index, ITC, based on a weighted calculation as follows:

$$\boldsymbol{ITC} = \frac{100\ \mathrm{g \cdot m^{-3}}}{m} \sum (M_z / CC_z)$$

where

m is the mass of the test specimen;

M_z is the mass of gas z produced by the combustion of the test specimen, and

CC_z is the critical concentration for a 30 min exposure of gas z (see Table 7).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

Table 7 – CC_z values taken from EN 50305

Gas	cc_z / mg·m^{-3}
Carbon dioxide	90 000
Carbon monoxide	1 750
Sulphur dioxide	260
Nitrogen oxides	90
Hydrogen cyanide	55

6.9.5 Repeatability and reproducibility

No data are available.

6.9.6 Relevance of test data and special observations

The test temperature and ventilation conditions in this test method means that the physical fire model does not correspond to any of the fire types as described in Table 1. However, with modification to the test temperature, the physical fire model could be made to replicate fire type 2.

The weighting values used in the calculation of the overall toxicity index are outdated.

The mass loss of the test specimen is not recorded during or after the test and, therefore, results cannot be expressed as toxic potency.

In common with many physical fire models, no indication is given about the rate of combustion, so flame retarded materials can be forced to undergo combustion at the same rate as materials without any flame retardance. Therefore, additional data input on combustion rates in different fire types is required for fire hazard assessments.

6.9.7 Reference document

EN 50305, 9.2 and Annex E.

7 Summary of published test methods relating to animal exposure

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

7.1 Deutsches Institut für Normung (DIN)

7.1.1 Summary

The test method described in the DIN 53436 series of standards [19], [27], [28] serves to thermally decompose solid and liquid material under defined conditions in a stream of air, and to assess the relative acute inhalation toxicity of these thermal decomposition products.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

7.1.2 Purpose and principle

This test method is used for the generation of thermal decomposition products from materials in an air stream and the determination of toxicity by inhalation of the decomposition and combustion products.

7.1.3 Test specimen

Strip-like test specimens measuring 400 mm × 15 mm × 2 mm are used.

If the density is less than 400 kg × m^{-3}, the thickness of the test specimen is measured so that the length related mass (g × cm^{-1}) is equal to that of a material with a density of 400 kg × m^{-3}.

7.1.4 Test method

The apparatus continuously decomposes a strip-like test specimen in a 1 300 mm long quartz tube. The quartz tube, which has an outside diameter of 40 mm and a wall thickness of 2 mm, is enclosed by a 100 mm long temperature-controlled annular furnace. The furnace is moved at a rate of 10 mm × min^{-1} along the axis of the tube. In doing so it passes over the test specimen, which is in a quartz glass cuvette at the bottom of the quartz tube. A stream of air (variable) is blown over the test specimen opposite to the direction in which the furnace moves.

The contrary motion of the furnace and airflow prevents the hot decomposition gases from preheating the not yet decomposed parts of the test specimen. The test temperature is set between 200 °C and 900 °C and measured by a reference body. This reference body is a 200 mm long steel rod on which thermocouple is welded and is placed in the test specimen holder. The temperature is fixed by running three tests with the reference body at the same furnace temperature. The test itself is run and, at the end of the quartz tube, the effluent is cooled with fresh air, diluted, and fed into the inhalation chamber where the nose or whole body of the rat is exposed. Gas analysis is also possible during the test.

7.1.5 Repeatability and reproducibility

An evaluation of this method involving three laboratories has been performed [29], [30].

7.1.6 Relevance of test data and special observations

The decomposition model of the DIN 53436-1 [19] tubular furnace has been used by different researchers for the determination of LC_{50} (lethal concentration 50) data. This physical fire model offers the possibility to decompose materials in strip form under the conditions relevant to fire types 1b, 3a and 3b (see Table 1). The same mass or volume of the material to be tested is decomposed under the specific conditions. Concentration response relationships are easily obtainable, with concentration being varied by dilution of the fire effluents with air.

The method is useful for obtaining toxicological data and gas yields from the combustion or pyrolysis of homogeneous materials. The lethal toxic potency data associated with 30 min exposure under specific conditions of the test procedure are determined. The toxicological findings can thus be referred to the test specimen mass, volume or surface area used.

It is also possible to calculate LC_{50} data analytically using the concentration values of the major fire gas components. The number of tests involving animals can therefore be reduced to the absolute minimum.

In common with many physical fire models, no indication is given about the rate of combustion, so flame retarded materials can be forced to undergo combustion at the same rate as materials without any flame retardance. Therefore, additional data input on combustion rates in different fire types is required for fire hazard assessments.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

No comparisons of toxic potency and gas yield data with real-scale fire test data have been published.

This test method is discussed in ISO 16312-2.

7.1.7 Reference documents

DIN 53436-1 [19]

DIN 53436-2 [27]

DIN 53436-3 [28]

7.2 National Bureau of Standards (NBS)

7.2.1 Summary

The "NBS Cup" furnace test is used for the assessment of the acute toxicity of inhaled combustion products.

7.2.2 Purpose and principle

This test method is used for the determination of toxic potency through the generation of flaming and non-flaming decomposition effluents in a static closed system utilizing an electrically heated 1 l cup-type crucible furnace attached directly to a 200 l exposure chamber with six animal (rat) exposure ports, and sampling provisions for effluent analysis.

The reported result is the LC_{50} for a 30 min exposure plus a 14 day post exposure period, expressed as the mass of test specimen exposed per unit chamber volume.

7.2.3 Test specimen

The test specimen with a typical mass of up to 8 g can be a piece of material, or a test specimen cut from an end-product.

7.2.4 Test method

A 1 l, stainless steel, electrically heated cup furnace is set to a pre-determined temperature, and the test specimen (typically 1 g to 8 g) is dropped into the furnace, and the resulting effluent is allowed to fill the chamber by convection.

Two modes of combustion, flaming and non-flaming, are prescribed. In the non-flaming mode, the furnace temperature is set to 25 °C below the ignition temperature of the test specimen and in the flaming mode it is set to 25 °C above the ignition temperature of the test specimen. The ignition temperature of the test specimen is determined in the cup furnace prior to the test.

The test is conducted in a 200 l clear plastic test chamber which contains the cup furnace, whose open top is flush with the floor of the test chamber, the animal exposure ports and provision for analytical sampling.

Rats are exposed nose-only to the atmosphere of the test chamber for a period of 30 min, beginning with the introduction of the test specimen into the combustion chamber. Animals which are not dead at the end of the exposure period are observed for a further 14 days. Any deaths within that time are deemed to be the result of combustion product exposure and counted in the LC_{50} determination.

Oxygen, carbon monoxide and carbon dioxide concentrations are continuously monitored.

The results are expressed as LC_{50} under flaming and non-flaming conditions: 30 min chamber exposure plus 14 days post exposure observation, reported as milligrams of sample loaded

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

per litre of chamber volume. The LCt_{50} is calculated by multiplying the LC_{50} by the 30 min exposure time.

Other information recorded includes chamber conditions, maximum temperature and the concentrations of oxygen, carbon monoxide and carbon dioxide.

7.2.5 Repeatability and reproducibility

NBS reports indicate relatively good repeatability with this method.

7.2.6 Relevance of test data and special observations

The NBS test has now been largely superseded by the NIST (National Institute of Standards and Technology) test (see 7.3).

The NBS test has been criticized because the cup furnace is best suited for homogeneous materials and does not readily accommodate composite or laminated test specimens. The closed cup geometry means that large, highly-combustible test specimens can lead to rapid temperature build-up and oxygen depletion, both of which can affect the animals' response to combustion products, and hence the relevance of the results.

In addition, it is often difficult to characterize the fire conditions under which the test specimen is decomposed. Air can only enter the cup furnace from the top, so test specimens which burn vigorously and take up a sizeable fraction of the furnace volume may sometimes get comparatively less oxygen than do smaller or less combustible test specimens.

Although carbon monoxide yields tend to vary, little data exist which compare toxic potency measured by this test method to that under full-scale conditions, so the practical effect of this limitation is not known.

The results are expressed as mass concentration on the basis of the amount of test specimen loaded, instead of the amount converted to volatile effluents. Therefore, when the test specimen is not completely consumed, the expressed results overstate the actual mass concentration in the fire effluent and, hence, understate the effluent's toxic potency. This can be remedied by weighing the test specimen residue after the test and correcting appropriately, but such a step is not part of the published procedure.

This test method is discussed in ISO 16312-2.

7.2.7 Reference documents

Hartzell [31]

Levin, B.C. et al [32]

Levin, B.C., Paabo, M. and Birky, M.M. [33]

7.3 National Institute of Standards and Technology (NIST)

7.3.1 Summary

The NIST radiant furnace method is used for toxic potency determinations through the generation of flaming and non-flaming decomposition effluents in a static closed system. It is used in NFPA 269 [34] and ASTM E 1678 [35].

The lethal toxic potency is first estimated from the combustion atmosphere analytical data utilizing FED calculations. This is done so as to minimize the amount of animal testing required for biological response confirmations.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

The reported result is the LCt_{50} from the N-gas model for a 30 min exposure plus a 14-day post exposure period, expressed as the product of mass loss of test specimen multiplied by the exposure time per unit test chamber volume.

7.3.2 Purpose and principle

The combustion device consists of a horizontally mounted cylindrical quartz combustion cell, 130 mm inside diameter and approximately 320 mm in length. It is connected to an animal exposure chamber through a stainless steel chimney, which is approximately 30 mm × 300 mm × 300 mm. External to the combustion cell are four tungsten-quartz radiant heat lamps focused onto the plane of the test specimen. A platform, accommodating test specimens of 76 mm × 127 mm and up to 51 mm thick, is connected to a load cell located underneath the combustion chamber in order to continuously monitor the mass of the test specimen. A high energy spark is used as an ignition source.

7.3.3 Test specimen

The test specimen, with a typical mass of up to 8 g, can be a piece of material or a test specimen cut from an end-product. The test specimen platform can accommodate test specimens measuring 76 mm × 127 mm and up to 51 mm thick.

7.3.4 Test method

The vertically oriented cup furnace of the NBS test is replaced by a radiantly heated horizontal combustion cell, which can accommodate a variety of test specimen geometries, and is mounted on a load cell for continuous measurement of mass loss. It is connected to the exposure chamber by means of a stainless steel chimney and a shutter. The test specimen receives radiant heat of a pre-determined intensity through the quartz walls of the combustion cell from two externally mounted radiant lamps and the effluent passes up the chimney and into the exposure chamber. After 15 min of irradiation, the chimney shutter is closed and the heat lamps are turned off.

In the first part of the test, no animals are used. Instead, a conveniently sized test specimen (typically 5 g) is exposed to the radiant heat load. The composition of the effluent in the test chamber is monitored by the continuous analysis of carbon monoxide, carbon dioxide, oxygen and any other toxic gases whose presence is predicted from the composition of the test specimen (e.g. organics, hydrogen halides, hydrogen cyanide). The animal monitoring period is the 30 min following the exposure of the test specimen, the last 15 min of which are with the lamps turned off and the chimney shutter closed. At the end of the monitoring period, the N-gas model and the analytical data are used to calculate the lethal FED of effluent which animals in the chamber would have received if they had been exposed. The test specimen size is adjusted to correspond to a FED of approximately 1,1 and the test is repeated for verification.

Once the correlation between test specimen size and FED has been established, the procedure is repeated twice using the animals and exposure conditions described above for the NBS test. In the first test, the test specimen size is adjusted to give an expected FED of 1,4. If the N-gas model is a good predictor of toxic potency, then, at the end of the 14-day post exposure period, one or two animals will have died as a result of the first test and all six as a result of the second. If the N-gas model fails to predict mortality, then the effluent contains agents that are not included in the N-gas model and the actual LCt_{50} is determined using the apparatus and animals in accordance with standard toxicological techniques.

Time-integrated chamber concentrations are determined for carbon oxides by infrared spectroscopy and, when appropriate, for hydrogen halides and hydrogen cyanide; the minimum oxygen concentration in the chamber is determined by a paramagnetic analyzer, and the mass loss of the test specimen is determined by a load cell.

The heat flux level of the test specimen exposure, the time to ignition of the test specimen and the extinction time for the flame are reported.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

7.3.5 Repeatability and reproducibility

The NIST reports relatively good repeatability with this method, but no inter-laboratory evaluation of this method has been performed.

7.3.6 Relevance of test data and special observations

The NIST test, the results of which are expressed as LCt_{50} values, is designed to be used directly as input to fire hazard calculations. It eliminates many of the shortcomings of the NBS test, especially test specimen accommodation difficulties and localized oxygen depletion associated with the NBS cup furnace. Thermal decomposition occurs under well ventilated conditions and permits simulation of fire types 1b (if the test specimen does not auto-ignite), 2, 3a and 3b (see Table 1), depending upon the radiant flux level selected. It is a useful test for obtaining quantitative toxic potency data for materials and end products for input to fire hazard models.

Based on NIST research, it is claimed that post-flashover toxic potencies measured with this test agree with those from full-scale fires within approximately a factor of two [36].

This NIST test method is based on the principle that chemical analysis cannot always be relied upon to detect all the toxic components in fire effluent. As a result, efforts have been made to minimize the need for animals in measuring toxic potency, but the dependence on animals has not been completely eliminated.

This test is discussed in ISO 16312-2.

7.3.7 Reference documents

NFPA 269 [34]

ASTM E 1678 [35]

Hartzell, G.E. [31]

Alexeeff, G.V. and Packham, S.C. [37]

7.4 University of Pittsburgh (Upitt)

7.4.1 Summary

The UPitt box furnace (described in reference [38]) can be used for measuring the toxic potency of products resulting from the decomposition conditions of developing fires.

7.4.2 Purpose and principle

This test method is used for concentration response and toxic potency determinations utilizing a dynamic flow through system with a ramped heating of test specimens in a muffle furnace that is connected to four animal (mice) exposure chambers with sampling ports for effluent analysis.

This test method used to be required in the United States by the state of New York for certain construction, electrical and interior finishing materials and products.

7.4.3 Test specimen

The test specimens can be pieces of material or a test specimen cut from an end-product. Effluent concentration is varied by changing the mass charged to the furnace, typically in the range of 1 g to 10 g.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

7.4.4 Test method

The test specimen is placed on a load cell and is decomposed in a furnace whose temperature is increased at 20 °C·min^{-1} beginning at room temperature, and through which a stream of air is pulled at a rate of 11 l·min^{-1}. After the test specimen loses 1 % of its mass, the effluent from the furnace is diluted with more air and passed into the animal exposure chamber.

The fire effluent is passed into a 4 dm^3 glass animal exposure chamber. Analytical samples are taken from the exposure chamber.

Mice are exposed nose-only to the diluted effluent for 30 min. The 30 min animal exposure period begins when the test specimen weight loss begins. Animals which die during the test and within a 10 min post exposure period are counted in determining the dose response and the resulting toxic potency.

Continuous chamber oxygen concentration (paramagnetic analysis) and infrared determined carbon monoxide concentration, plus continuous analysis of other toxic combustion gases, such as hydrogen halides and hydrogen cyanide, as appropriate, can be conducted.

7.4.5 Repeatability and reproducibility

Multiple submittals of similar materials and products indicate that the repeatability of this test is very good.

7.4.6 Relevance of test data and special observations

The test method begins in a non-flaming oxidative mode, and at some stage transition to flaming usually occurs. At this stage, the CO_2/CO ratios tend to be low (under 20:1, usually less than 10:1), while the temperature is still low (less than 600 °C). This combination of conditions does not, therefore, fit well into the scheme of fire types shown in Table 1. It therefore does not produce usable input data for fire hazard models.

In common with many physical fire models, no indication is given about the rate of combustion, so flame retarded materials can be forced to undergo combustion at the same rate as materials without any flame retardance. Therefore, additional data input on combustion rates in different fire types is required for fire hazard assessments.

LC_{50} values have been reported and filed with New York State for over 15 000 products [39]. It is of interest that 96 % of the LC_{50} values range over less than one order of magnitude; 63,3 % of the LC_{50} values fall between 5 g to 12,5 g, with another 32,7 % being in the range of 12,5 g to 28,1 g.

This test is discussed in ISO 16312-2.

7.4.7 Reference documents

Alarie, Y.C. and Anderson, R.C. [38]

New York State [39]

Kaplan, H.L., Grand, A.F., Hartzell, G.E. [40]

Hartzell, G.E. [31]

Levin, B.C., Paabo, M. and Birky, M.M. [33]

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

7.5 Japanese fire toxicity test for building components

7.5.1 Summary

Under the Japanese Building Standards Law, revised in 2000, fire safety evaluation and certification is done by fire test and evaluation organizations, which are recognized by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT). Such recognized organizations establish methods and criteria for evaluation and certification. Many recognized organizations use a toxicity fire test [41] [42], which uses a combustion system similar to BS 476-6 [43]. The combustion effluent of the test specimen is fed into a mixing chamber and then into an animal exposure chamber. The time required for all eight mice to become incapacitated is measured. The result is compared to a specified time.

NOTE For this test, incapacitation is defined as the cessation of movement of both the mouse and the cage for a minimum of 30 s.

7.5.2 Purpose and principle

This is a comparative toxicity test method for the designation of semi-combustible and flame retardant materials used in the construction industry, using mice under gas exposure conditions. The test apparatus consists of a furnace, a pre-mixing chamber and an animal exposure chamber with eight rotary cages.

7.5.3 Test specimen

The test specimen can be a piece of the material or a test specimen cut from an end-product measuring 22 cm × 22 cm × 1,5 cm maximum thickness. The area exposed for testing is 18 cm × 18 cm.

7.5.4 Test method

The animal exposure chamber temperature is set to 30 °C and each of the eight cages is loaded with mice. The test specimen is then heated initially by the supplementary heat source for 3 min followed by the addition of the main heat source for a further 3 min. The combustion gas is introduced into the animal exposure chamber at a rate of 10,0 litres·min^{-1}. The monitoring time continues for a period of 15 min after the start of the heating test. The time required for each mouse to become incapacitated is recorded.

Test specimens are judged to have passed the test if the mean time to incapacitation exceeds a specified time.

7.5.5 Repeatability and reproducibility

In a four laboratory examination of six materials, the inter-laboratory standard deviation of the time to incapacitation of mice was under 15 %. The agreement of duplicate tests within each laboratory was within 5 %.

7.5.6 Relevance of test data and special observations

The test method is not widely used today, because many recognized organizations accept that for materials that contain less than established limits of combustible content, a fire toxicity test is not required. Many recognized organizations also accept that a fire toxicity test is not required for materials of low combustibility or for fire-retarded materials, because they consider that low heat release materials release low levels of toxic effluents.

The mass loss of the test specimen is not recorded during or after the test and, therefore, results cannot be expressed as toxic potency.

The test method is useful for screening the incapacitation potency of fire effluent from various products, but the test conditions only simulate fires of type 3a (see Table 1).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

This method is discussed in ISO 16312-2.

7.5.7 Reference documents

Japanese Ministry of Construction (JMC) [41]

BS 476-6 [43]

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

Annex A
(informative)

Overview of toxicity test methods

See Table A.1 for an overview of toxicity test methods.

Table A.1 – Overview of toxicity test methods

Type of test method	Clause	Test method	Provides toxic potency data	Could be adapted to provide toxic potency data	Relevant to fire types in Table 1					
					1a	1b	1c	2	3a	3b
Chemical analysis	6.1	DS 02-713	No	No	No	No	No	No	No	No
	6.2	ABD 0031	No	No	No	No	No	No	No	No
	6.3	CEI 20-37/7	No	Yes	No	No	No	No	No	No
	6.4	NF C20-454 NF X70-100	No	Yes	No	No	No	[a]	No	No
	6.5	IEC 60695-7-50	Yes	N/A	[a]	Yes	[a]	Yes	[a]	Yes
	6.6	ISO/TS 19700	Yes	N/A	[a]	Yes	[a]	Yes	Yes	Yes
	6.7	IMO FTP Code	No	Yes	No	Yes	No	No	Yes	No
	6.8	EN 50305 clause 9.2	No	Yes	No	No	No	[a]	No	No
Animal exposure	7.1	DIN 53436	Yes	N/A	No	Yes	No	No	Yes	Yes
	7.2	NBS Cup furnace	Yes	N/A	No	Yes	No	Yes	No	No
	7.3	NIST Radiant furnace	Yes	N/A	No	[b]	No	Yes	Yes	Yes
	7.4	UPitt Box furnace	Yes [c]	N/A	No	No	No	No	No	No
	7.5	Japanese test	Yes	N/A	No	No	No	No	Yes	No

[a] It is possible to simulate this fire type, but not under the standard conditions of the test method.

[b] This fire type will be simulated provided that the test specimen does not auto-ignite.

[c] Toxic potency data can be calculated but the physical fire model does not correspond to any of the fire types of Table 1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

Table A.1 *(continued)*

Type of test method	Clause	Test method	Comments
Chemical analysis	6.1	DS 02-713	This test method is now widely criticized. The data from this test should not be used as input to toxic hazard assessments, fire hazard assessments or fire safety engineering calculations.
	6.2	ABD 0031	Fire and ventilation conditions do not allow a comparison between this physical fire model and any of the fire types described in Table 1.
	6.3	CEI 20-37/7	The test temperature and ventilation conditions in these methods are such that the physical fire model does not correspond to any of the fire types described in Table 1. However, with modifications to either the test temperature or air flow rate, the physical fire model could be made to replicate fire types 2 or 3b.
	6.4	NF C20-454 NF X70-100	
	6.5	IEC 60695-7-50	Results of this test method can be used to estimate toxic potency based on the fractional effective dose (FED) principle as described in IEC 60695-7-51.
	6.6	ISO/TS 19700	The method is technically complex. Toxic potency data can be obtained under conditions corresponding to fire types 1b, 2, 3a and 3b. Annexes in ISO/TS 19700 show how the data obtained can be used in accordance with ISO 13344 and ISO 13571.
	6.7	IMO FTP Code	Whilst relatively easy to perform, this method is of questionable value for generating effluent toxicity data for use in fire hazard analysis.
	6.8	EN 50305 clause 9.2	With modification to the test temperature the physical fire model could replicate fire type 2.
Animal exposure	7.1	DIN 53436	The method is useful for obtaining toxicological data and gas yields from the combustion or pyrolysis of homogeneous materials.
	7.2	NBS Cup furnace	The NBS test has now been largely superseded by the NIST test (see 7.3).
	7.3	NIST Radiant furnace	This is a useful test for obtaining quantitative toxic potency data for materials and end products for input to fire hazard models.
	7.4	UPitt Box furnace	This test does not produce usable input data for fire hazard models.
	7.5	JMC	The test method is useful for screening the incapacitation potency of fire effluent from various products, but the test conditions only simulate fires of type 3a.

[a] It is possible to simulate this fire type, but not under the standard conditions of the test method.

[b] This fire type will be simulated provided that the test specimen does not auto-ignite.

[c] Toxic potency data can be calculated but the physical fire model does not correspond to any of the fire types of Table 1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

Bibliography

[1] Le Tallec, Y. and Guillaume E., “Fire Gases and their chemical measurement” in ‘Hazards of Combustion Products’, Interscience Communications Ltd., London (2008)

[2] Ministry of Defence – Defence Standard 02-713 (NES 713) Issue 1, *Determination of the toxicity index of the products of combustion from small specimens of materials* (2000)

[3] Guillaume, E. and Chivas, C., “Fire models used in toxicity testing” in ‘Hazards of Combustion Products’, Interscience Communications Ltd., London (2008)

[4] ABD 00031, *Airbus Directives (ABD) and procedures – Fire – Smoke – Toxicity*

[5] IEC/TR 60695-6-30, *Fire hazard testing – Part 6: Guidance and test methods on the assessment of obscuration hazards of vision caused by smoke opacity from electrotechnical products involved in fires – Section 30:Small scale static method – Determination of smoke opacity – Description of the apparatus*

[6] ASTM E-662, *Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials*

[7] AITM 2.0007, *Airbus Industry Test Methods – Determinations of the specific optical smoke density of aircraft interior materials* (JAR/FAR Part 25, Appendix F-Part V)

[8] AITM 2.0008, *Airbus Industry Test Methods – Determinations of the specific optical smoke density of electrical wire/cable insulation*

[9] AITM 3.0005, *Airbus Industry Test Methods – Determination of specific gas components of smoke generated by aircraft interior materials*

[10] CEI 20-37/7, *Tests on gases evolved during combustion of electric cables and their compounds – Part 7: Determination of toxicity index of gases evolved during combustion of electric cables*

[11] NATO AFAP-3, *NATO Reaction to fire tests for materials toxicity of fire effluents – Ed 2*, 2005

[12] Hull, T. R. and Paul, K. T., *Bench-scale assessment of combustion toxicity – A critical analysis of current protocols*, Fire Safety Journal, 42(5), 2007 pp. 340 - 365

[13] NF C20-454, *Basic environmental testing procedures. Test methods. Fire behaviour. Analysis and titrations of gases evolved during pyrolysis or combustion of materials used in electrotechnics. Exposure to abnormal heat or fire. Tube furnace method.*

[14] NF X70-100-1: 2006, *Fire tests - Analysis of gaseous effluents - Part 1 : methods for analysing gases stemming from thermal degradation*

[15] NF X70-100-2: 2006, *Fire tests - Analysis of gaseous effluents - Part 2 : tubular furnace thermal degradation method*

[16] Fire Standardisation Research in Railways (FIRESTARR), Final Report, European Standards, Measurement and Testing Programme, Contract SMT4-CT97-2164, Commission of the European Communities, Brussels, Belgium, 2001.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

[17] CEN TS 45545-2, *Railway applications – Fire protection on railway vehicles – Part 2: Requirements for fire behaviour of materials and components*

[18] IEC/TS 60695-7-50, *Fire hazard testing – Part 7-50: Toxicity of fire effluent – Estimation of toxic potency – Apparatus and test method*

[19] DIN 53436-1, *Producing thermal decomposition products from materials in an air stream and their toxicological testing; decomposition apparatus and determination of test temperature* (1981)

[20] IEC 60754-2, *Test on gases evolved during combustion of electric cables – Part 2: Determination of degree of acidity of gases evolved during the combustion of materials taken from electric cables by measuring pH et conductivity* (1991)

[21] IEC/TS 60695-7-51, *Fire hazard testing – Part 7-51: Toxicity of fire effluent – Estimation of toxic potency – Calculation and interpretation of test results* (2002)

[22] ISO/TS 19700, *Controlled equivalence ratio method for the determination of hazardous components of fire effluents*

[23] BS 7990, *Tube furnace method for the determination of toxic product yields in fire effluents*

[24] IMO FTP Code, *International Code for Application of Fire Test Procedures (FTP Code)* adopted by IMO as resolution MSC 61 (67) in 1996

[25] ISO 5659-2, *Plastics – Smoke generation – Part 2: Determination of optical density by a single-chamber test* (1994)

[26] ISO/TR 9122-5, *Toxicity testing of fire effluents – Part 5: Prediction of toxic effects of fire effluents* (1993)

[27] DIN 53436-2, *Erzeugung thermischer Zersetzungsprodukte von Werkstoffen unter Luftzufuhr und ihre toxikologische Prüfung; Verfahren zur thermischen Zersetzung* (1986)

[28] DIN 53436-3: *Erzeugung thermischer Zersetzungsprodukte von Werkstoffen unter Luftzufuhr und ihre toxikologische Prüfung; Verfahren zu inhalationstoxikologischen Untersuchung* (1989)

[29] Klimisch, H. J., Hollander, H. W. and Thyssen, *Comparative measurements of the toxicity to laboratory animals of products of thermal decomposition generated by the method of DIN 53436*, J., J. Comb. Tox. 7, 1980, pp. 209 – 230

[30] Klimisch, H. J., Hollander, H. W. and Thyssen, *Generation of constant concentrations of thermal decomposition products in inhalation chambers. A comparative study with a method according to DIN 53436. I. Measurement of carbon monoxide and carbon dioxide in inhalation chambers*, J., J. Comb. Tox. 7, 1980, pp. 243 – 256

[31] Hartzell, G.E., *Overview of combustion toxicology. Toxicology*, 115, p.7-23, published by Elsevier Science Ireland for the National Fire Protections Association (NFPA) (1996)

[32] Levin, B.C. et al., *Further Development of a Test Method for the Assessment of the Acute Inhalation Toxicity of Combustion Products,* NBSIR 82-2532. Washington: US National Bureau of Standards (1982)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

[33] Levin, B.C., Paabo, M. et Birky, M.M., *An Interlaboratory Evaluation of the National Bureau of Standards Test Method for Assessing the Acute Inhalation Toxicity of Combustion Products*, NBSIR 83-2678. Gaithersburg: US National Bureau of Standards (1983)

[34] NFPA 269, *Standard Test Method for Developing Toxic Potency Data for Use in Fire Hazard Modelling*, NFPA International, Quincy, MA, USA

[35] ASTM E 1678, *Standard Test Method for Measuring Smoke Toxicity for Use in Fire Hazard Analysis,* ASTM International, West Conshohocken, PA, USA

[36] Babrauskas, V., Harris Jr., R. H., Braun, E., Levin, B. C., Paabo, M. and Gann, R. G., *The Role of Bench-Scale Test Data in Assessing Real-Scale Fire Toxicity,* NIST Technical Note 1284, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA, 1991

[37] Alexeeff, G. V. et Packham, S. C., *Evaluation of Smoke Toxicity Using Concentration-Time Products.* J. Fire Sci. 2(5): pp. 362-379 (1984)

[38] Alarie, Y. C. and Anderson, R. C., *Toxicologic and acute lethal hazard evaluation of thermal decomposition products of synthetic and natural polymers*, Toxicology and Applied Pharmacology, 51, 1979, pp. 341 - 361

[39] New York State Uniform Fire Prevention et Building Code, Article 15, Part 1120, *Combustion Toxicity Testing and Regulations for Implementing Building Materials and Finishes;* Fire Gas Toxicity Data File. New York State, Department of State, Office of Fire Prevention et Control, Albany, NY 12231 (1986)

[40] Kaplan, H.L., Grand, A.F., Hartzell, G.E., *Combustion toxicology – Principles and test methods.* Technomic Publishing Co, Box 5535, Lancaster Pennsylvania 17604, USA (1983)

[41] Tsuchiya, Y., *New Japanese standard test for combustion gas toxicity*, Journal of Combustion Toxicity 4, pp. 5-7 (1977)

[42] Saito, F., *Toxicity test for fire resistive materials in Japan,* Journal of Combustion Toxicology, 9, 1982, pp. 194 - 205

[43] BS 476-6, *Fire tests on building materials and structures – Part 6: Method of test for fire propagation for products* (1989)

[44] EN 50305:2002, *Railway applications - Railway rolling stock cables having special fire performance - Test methods*. (Clause 9.2, *Toxicity*. Annex E, *Analysis methods for toxicity).*

[45] EN 50306-1:2002, *Railway applications - Railway rolling stock cables having special fire performance – Thin wall – Part 1: General requirements*

[46] EN 50267-1:1999, *Common test methods for cables under fire conditions – Tests on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 1: Apparatus*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 51
INTRODUCTION 53
1 Domaine d'application 54
2 Références normatives 54
3 Termes et définitions 55
4 Rôle des essais de toxicité à échelle réduite 63
4.1 Généralités 63
4.2 Potentiel toxique 63
4.3 Dose effective fractionnelle (*FED*) et danger toxique 64
4.4 Concentration de dose effective *(FEC)* 64
4.5 Potentiels toxiques génériques 64
5 Aspects généraux des essais de toxicité à petite échelle 65
5.1 Généralités 65
5.2 Modèles physiques du feu 65
5.3 Etapes d'un incendie dans un local 67
5.4 Méthodes d'analyse 67
5.4.1 Méthodes fondées sur des analyses chimiques 68
5.4.2 Méthodes fondées sur l'exposition d'animaux 68
6 Résumé de méthodes d'essais fondées sur des analyses chimiques publiées 68
6.1 Généralités 68
6.2 Ministère de la Défense du Royaume-Uni – Defence Standard (DS) 69
6.2.1 Résumé 69
6.2.2 But et principe 69
6.2.3 Éprouvette d'essai 69
6.2.4 Méthode d'essai 69
6.2.5 Répétabilité et reproductibilité 70
6.2.6 Pertinence des données d'essai et observations spéciales 70
6.2.7 Document de référence 71
6.3 Airbus industrie 71
6.3.1 Résumé 71
6.3.2 But et principe 71
6.3.3 Éprouvette d'essai 71
6.3.4 Méthode d'essai 71
6.3.5 Répétabilité et reproductibilité 72
6.3.6 Pertinence des données d'essai et observations spéciales 72
6.3.7 Documents de référence 72
6.4 Comité Électrotechnique Italien (CEI) 72
6.4.1 Résumé 72
6.4.2 But et principe 72
6.4.3 Éprouvette d'essai 72
6.4.4 Méthode d'essai 73
6.4.5 Répétabilité et reproductibilité 73
6.4.6 Pertinence des données d'essai et observations spéciales 73
6.4.7 Documents de référence 73
6.5 Norme Française (NF) 74
6.5.1 Résumé 74

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

6.5.2 But et principe 74
6.5.3 Éprouvette d'essai 74
6.5.4 Méthode d'essai 74
6.5.5 Répétabilité et reproductibilité 74
6.5.6 Pertinence des données d'essai et observations spéciales 74
6.5.7 Documents de référence 75
6.6 Commission Électrotechnique Internationale (CEI) 75
6.6.1 Résumé 75
6.6.2 But et principe 75
6.6.3 Éprouvette d'essai 75
6.6.4 Méthode d'essai 76
6.6.5 Prélèvements d'effluent 76
6.6.6 Répétabilité et reproductibilité 76
6.6.7 Pertinence des données d'essai et observations spéciales 76
6.6.8 Documents de référence 77
6.7 Organisation Internationale de Normalisation (*ISO*) 77
6.7.1 Résumé 77
6.7.2 But et principe 77
6.7.3 Éprouvette d'essai 77
6.7.4 Méthode d'essai 77
6.7.5 Répétabilité et reproductibilité 78
6.7.6 Pertinence des données d'essai et observations spéciales 78
6.7.7 Documents de référence 78
6.8 Organisme Maritime International (OMI) 78
6.8.1 Résumé 78
6.8.2 But et principe 78
6.8.3 Éprouvette d'essai 78
6.8.4 Méthode d'essai 79
6.8.5 Répétabilité et reproductibilité 79
6.8.6 Pertinence des données d'essai et observations spéciales 79
6.8.7 Documents de référence 79
6.9 Essai de toxicité pour les câbles des matériels roulants 80
6.9.1 Résumé 80
6.9.2 But et principe 80
6.9.3 Éprouvette d'essai 80
6.9.4 Méthode d'essai 80
6.9.5 Répétabilité et reproductibilité 81
6.9.6 Pertinence des données d'essai et observations spéciales 81
6.9.7 Document de référence 81
7 Résumé des méthodes d'essai publiées fondées sur l'exposition d'animaux 81
7.1 Deutsches Institut für Normung (DIN) 82
7.1.1 Résumé 82
7.1.2 But et principe 82
7.1.3 Éprouvette d'essai 82
7.1.4 Méthode d'essai 82
7.1.5 Répétabilité et reproductibilité 82
7.1.6 Pertinence des données d'essai et observations spéciales 82
7.1.7 Documents de référence 83

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

7.2 Bureau National des Normes (NBS, National Bureau of Standards) 83
7.2.1 Résumé 83
7.2.2 But et principe 83
7.2.3 Éprouvette d'essai 83
7.2.4 Méthode d'essai 83
7.2.5 Répétabilité et reproductibilité 84
7.2.6 Pertinence des données d'essai et observations spéciales 84
7.2.7 Documents de référence 85
7.3 National Institute of Standards and Technology (NIST) 85
7.3.1 Résumé 85
7.3.2 But et principe 85
7.3.3 Éprouvette d'essai 85
7.3.4 Méthode d'essai 85
7.3.5 Répétabilité et reproductibilité 86
7.3.6 Pertinence des données d'essai et observations spéciales 86
7.3.7 Documents de référence 86
7.4 Université de Pittsburgh (Upitt) 87
7.4.1 Résumé 87
7.4.2 But et principe 87
7.4.3 Éprouvette d'essai 87
7.4.4 Méthode d'essai 87
7.4.5 Répétabilité et reproductibilité 87
7.4.6 Pertinence des données d'essai et observations spéciales 87
7.4.7 Documents de référence 88
7.5 Essai de toxicité au feu pour les composants des bâtiments au Japon 88
7.5.1 Résumé 88
7.5.2 But et principe 88
7.5.3 Éprouvette d'essai 88
7.5.4 Méthode d'essai 89
7.5.5 Répétabilité et reproductibilité 89
7.5.6 Pertinence des données d'essai et observations spéciales 89
7.5.7 Documents de référence 89
Annexe A (informative) Vue d'ensemble des méthodes d'essai de toxicité 90
Bibliographie 92

Figure 1 – Différentes étapes du développement d'un feu à l'intérieur d'un compartiment 67

Tableau 1 – Caractéristiques des types de feu (tiré de l'ISO 19706) 66
Tableau 2 – Valeurs de C_f extraites de la DS 02-713 pour divers gaz 70
Tableau 3 – Limites de fraction volumique pour composants de gaz 72
Tableau 4 – Conditions de décomposition 76
Tableau 5 – Conditions de décomposition 77
Tableau 6 – Limites de fraction volumique pour composants de gaz 79
Tableau 7 – Valeurs CC_z extraites de la EN 50305 81
Tableau A.1 – Vue d'ensemble des méthodes d'essai de toxicité 90

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 7-2: Toxicité des effluents du feu – Résumé et pertinence des méthodes d'essai

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60695-7-2 a été établie par le comité d'études 89 de la CEI: Essais relatifs aux risques du feu.

Cette première édition de la CEI 60695-7-2 annule et remplace la première édition du Rapport Technique CEI/TR 60695-7-2 publiée en 2002. Elle constitue une révision technique qui conduit au statut de Norme Internationale.

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

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

– modifications rédactionnelles dans toute la publication;

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

– ajout de références normatives;
– révision des termes et définitions;
– modifications apportées aux données de « répétabilité et reproductibilité » dans l'ensemble de la publication;
– modifications apportées à la « pertinence des données d'essai » dans l'ensemble de la publication;
– modifications apportées à l'Article 5;
– nouveau Tableau 1 et nouvelle Figure 1;
– introduction de la méthode d'essai de l'ISO dans le nouveau Paragraphe 6.6;
– introduction de la méthode d'essai de la EN 50305 dans le nouveau Paragraphe 6.8;
– révision de l'Annexe A et nouveau Tableau A.1;
– ajout de références dans la Bibliographie.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
89/1059/FDIS	89/1073/RVD

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

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

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

La CEI 60695-7 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

INTRODUCTION

La série CEI 60695-7 sert à guider les comités de produits CEI sur l'adoption et la mise en application des recommandations du TC 92 de l'ISO, en vue de la minimalisation des dangers toxiques dus aux feux, impliquant des produits électrotechniques.

Les produits électrotechniques, principalement en tant qu'objets d'un feu, peuvent contribuer aux dangers d'incendie par suite de dégagements d'effluents toxiques, qui peuvent constituer un facteur significatif de contribution au danger général d'incendie.

Il convient que les comités de produits CEI incorporant des exigences pour l'évaluation des dangers toxiques dus aux feux dans les normes de produits, notent ce qui suit: il est recommandé de ne pas utiliser directement dans les spécifications de produits le potentiel toxique et autres mesures de toxicité décrites dans la présente norme internationale. Il convient que les données provenant de méthodes d'essai de potentiel toxique ne soient utilisées qu'en tant que partie d'une évaluation des dangers toxiques, en conjonction avec d'autres données de réaction au feu basées sur le produit, telles que le taux de perte de masse.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 7-2: Toxicité des effluents du feu – Résumé et pertinence des méthodes d'essai

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60695 fournit un bref résumé des méthodes d'essai qui sont d'un usage courant dans l'évaluation du potentiel toxique aigu, et autres essais de toxicité. Elle comprend des observations particulières sur leur pertinence par rapport aux scénarios d'incendies réels, et donne des recommandations sur leur utilisation.

Elle indique quels sont les essais fournissant des données de potentiel toxique pertinentes pour les scénarios d'incendies réels, et quels sont ceux qui sont adaptés à l'utilisation dans l'évaluation des dangers d'incendie et l'ingénierie de sécurité incendie.

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 consiste, le cas échéant, à utiliser les publications fondamentales de sécurité dans le cadre de l'élaboration 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 60695-7-1:2010, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 7: Toxicité des effluents du feu – Lignes directrices générales*

CEI/TS 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, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications* (disponible en anglais seulement)

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

Guide ISO/CEI 51, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards* (disponible en anglais seulement)

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

ISO 16312-1:2010, *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 16312-2:2007, *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 19703:2010, *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, *Lignes directrices pour l'évaluation des dangers du feu pour les personnes*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions issus de l'ISO/CEI 13943, dont certains sont repris ci-dessous par commodité pour l'utilisateur, ainsi que les définitions suivantes, s'appliquent.

3.1
toxicité aiguë
toxicité qui engendre des effets toxiques se produisant rapidement

voir **potentiel toxique** (3.44).

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.5]

3.2
brûler, verbe intransitif
être en état de combustion

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.28]

3.3
brûler, verbe transitif
déclencher un processus de combustion

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.29]

3.4
combustible, adjectif
susceptible d'être allumé et de brûler

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.43]

3.5
combustible, substantif
objet susceptible de donner lieu à une combustion

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.44]

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

3.6
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 13943:2008, définition 4.46]

3.7
rendement de combustion
rapport de la quantité de chaleur dégagée par une combustion incomplète à la chaleur théorique dégagée par une combustion complète

NOTE 1 Le rendement de la combustion ne peut être calculé que si la combustion complète peut être définie.

NOTE 2 Le rendement de la combustion est une grandeur sans dimension, généralement exprimée en pourcentage.

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.47]

3.8
combustion complète
combustion au cours de laquelle les produits de combustion sont complètement oxydés

NOTE 1 Cela signifie que, lorsque le comburant est l'oxygène, tout le carbone est transformé en dioxyde de carbone et tout l'hydrogène est transformé en eau.

NOTE 2 Si des éléments autres que le carbone, l'hydrogène et l'oxygène sont présents dans les matériaux combustibles, ces éléments sont transformés en les produits les plus stables dans leur état normal à 298 K.

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.50]

3.9
concentration
masse par unité de volume

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

NOTE 2 Pour un gaz toxique, la concentration s'exprime généralement en fraction volumique à T = 298 K et P = 1 atm, et est exprimée en microlitres par litre (µL/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 13943:2008, définition 4.52]

3.10
enceinte
⟨environnement construit⟩ volume défini par des surfaces de délimitation, qui peut comporter une ou plusieurs ouvertures

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.77]

3.11
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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.81]

3.12
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 ($g \times min \times m^{-3}$).

NOTE 2 Pour un gaz toxique, elle est exprimée en microlitres fois minutes par litre ($\mu L \times min \times L^{-1}$) (à T = 298 K et P = 1 atm); voir « fraction volumique » 3.47.

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.89]

3.13
durée d'exposition
durée pendant laquelle des personnes, des animaux ou des éprouvettes d'essai sont exposés dans des conditions spécifiées

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.90]

3.14
Facteur F
La concentration minimale d'un irritant à gaz toxique auquel on s'attend sérieusement mettre en péril la capacité d'échapper d'un feu

NOTE La concentration est d'habitude exprimée comme une fraction de volume (3.49) à T = 298 K et P = 1 atm, dans le cas où les unités typiques sont des microlitres par litre (μ L/L), qui est équivalent à cm^3/m^3 ou 10^{-6}.

[ISO/IEC 13943, définition 4.94]

3.15
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

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.96]

3.16
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 13943:2008, définition 4.105]

3.17
danger d'incendie
objet physique ou condition susceptible d'entraîner des conséquences non souhaitables causées par un incendie

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.112]

3.18
évaluation du danger d'incendie
évaluation des causes possibles d'incendie, de la possibilité et de la nature de la croissance ultérieure du feu, et des conséquences éventuelles de l'incendie

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

3.19
panache de feu
panache
courant gazeux flottant et tout matériau transporté qui l'accompagne, au-dessus d'un feu

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.118]

3.20
ingénierie de la sécurité incendie
application des méthodes d'ingénierie fondées sur des principes scientifiques au développement ou à l'évaluation de conceptions dans un environnement bâti au moyen de l'analyse de scénarios d'incendie spécifiques ou bien par la quantification du risque pour un groupe de scénarios d'incendie

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.126]

3.21
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 13943:2008, définition 4.129]

3.22
essai au feu
essai qui mesure le comportement d'un feu ou expose un objet aux effets d'un feu

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

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.132]

3.23
caractère ignifugeant
propriété d'un matériau de ralentir, d'arrêter ou d'empêcher la combustion avec flammes

NOTE 1 Le caractère ignifugeant peut être une propriété inhérente au matériau de base ou lui être donné par un traitement particulier.

NOTE 2 Le degré du caractère ignifugeant présenté par un matériau lors d'un essai peut varier selon les conditions d'essai.

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.138]

3.24
retardateur de flamme, substantif
substance ajoutée ou traitement appliqué à un matériau pour supprimer ou retarder l'apparition d'une flamme et/ou diminuer la vitesse de propagation des flammes

NOTE L'emploi d'ignifugeants ne supprime pas nécessairement le feu et ne met pas nécessairement un terme à la combustion.

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.139]

3.25
ignifugé
traité avec un retardateur de flamme

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.141]

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

3.26
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 13943:2008, définition 4.156]

3.27
Concentration effective fractionnelle
FEC (*fractional effective dose*)
La proportion de la concentration d'un irritant à cette concentration est attendue à produire un effet indiqué sur un sujet exposé de sensibilité moyenne

NOTE 1 Comme un concept, FEC peut se référer à un effet, incluant des incapacitations, la mortalité ou d'autres critères.

NOTE 2 Quand non utilisé en ce qui concerne un irritant spécifique, le terme "FEC" représente l'addition de valeurs de FEC pour tous les irritants dans une atmosphère produite de feu.

NOTE 3 LE FEC est sans dimension.

[ISO/IEC 13943, définition 4.159]

3.28
dose effective fractionnelle
FED[1]
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 13943:2008, définition 4.160]

3.29
feu pleinement développé
état dans lequel l'ensemble des matériaux combustibles sont impliqués dans un incendie

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.164]

3.30
flux de chaleur
quantité d'énergie thermique émise, transmise ou reçue par unité de surface et de temps

NOTE Il est exprimé en watts par mètre carré ($W \times m^{-2}$).

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.173]

3.31
source d'allumage
source d'énergie qui provoque une combustion

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.189]

---

1 FED = *fractional effective dose*.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

3.32
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 13943:2008, définition 4.194]

3.33
concentration létale 50
LC_{50}

concentration d'un gaz toxique ou d'effluents du feu, calculée statistiquement à partir des données concentration-effet, qui produit la mort de 50 % d'une population d'une espèce donnée au cours d'une durée d'exposition et d'un temps de post-exposition spécifiés

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

NOTE 2 Pour un gaz toxique, elle est exprimée en microlitres par litre (µL/L) à T = 298 K et P = 1 atm; voir « fraction volumique » 3.49.

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.207]

3.34
dose létale d'exposition 50
LCt_{50}
produit de la LC_{50} et de la durée d'exposition sur laquelle elle a été déterminée

voir **concentration** (3.9) et **dose d'exposition** (3.12).

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 ($g \times min \times m^{-3}$).

NOTE 3 Pour un gaz toxique, elle est exprimée en microlitres fois minutes par litre ($\mu L \times min \times L^{-1}$) à T = 298 K et P = 1 atm; voir « fraction volumique » 3.47.

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.208]

3.35
potentiel toxique létal
potentiel toxique pour lequel l'effet toxique spécifique est la mort

voir **dose létale d'exposition 50**, LCt_{50} (3.34).

3.36
concentration de perte de masse
⟨système fermé⟩ masse de l'éprouvette d'essai consumée au cours de la combustion divisée par le volume de la chambre d'essai

NOTE Il est exprimé en grammes par mètre cube ($g \times m^{-3}$).

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.222]

3.37
concentration de perte de masse
⟨système ouvert⟩ masse de l'éprouvette d'essai consumée pendant la combustion divisée par le volume total de l'air ayant circulé à travers l'appareillage d'essai

NOTE 1 La définition suppose que la masse est répartie uniformément dans le flux d'air au fil du temps.

NOTE 2 Il est exprimé en grammes par mètre cube ($g \times m^{-3}$).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.223]

3.38
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 13943:2008, définition 4.251]

3.39
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 13943:2008, définition 4.266]

3.40
essai au feu en grandeur réelle
essai au feu qui simule une application donnée en prenant en compte les dimensions réelles, l'utilisation ou l'installation réelle de l'objet et l'environnement

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

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.273]

3.41
fumée
partie visible des effluents du feu

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.293]

3.42
éprouvette d'essai
objet soumis à une procédure d'évaluation ou de mesurage

NOTE Dans un essai au feu, l'objet concerné peut être un matériau, un produit, un composant, un élément de construction ou une combinaison de tous ces éléments. Il peut également être un capteur utilisé pour simuler le comportement d'un produit.

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.321]

3.43
décomposition thermique
processus par lequel l'action de la chaleur ou de températures élevées sur un objet conduit à des changements de la composition chimique

NOTE Cette définition est différente de la dégradation thermique.

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.323]

3.44
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 13943:2008, définition 4.335]

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

3.45
danger toxique
dommage potentiel résultant de l'exposition à des produits de combustion toxiques

voir **danger d'incendie** (3.16).

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.337]

3.46
potentiel toxique
mesure de la quantité de toxique requise pour obtenir un effet toxique spécifique

voir **dose létale d'exposition 50** (3.34).

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

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.338]

3.47
toxique
toxine
substance toxique

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.340]

3.48
toxicité
qualité de ce qui est toxique

voir **toxicité aiguë** (3.1) et **potentiel toxique** (3.46).

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.341]

3.49
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 (μL/L), ce qui équivaut à cm^3/m^3 ou 10^{-6}, ou en pourcentage.

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.351]

3.50
rendement volumique
volume, à 298 K et 1 atm, d'un composant d'effluents du feu divisé par la perte de masse de l'éprouvette d'essai associée à la production de ce volume

NOTE Il est exprimé en mètres cubes par gramme ($m^3 \times g^{-1}$).

[ISO/CEI 13943:2008, définition 4.352]

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

4 Rôle des essais de toxicité à échelle réduite

4.1 Généralités

Les essais de toxicité à petite échelle et les essais de mesure de potentiel toxique en particulier, servent un objectif très spécifique – produire des données à utiliser pour évaluer les dangers toxiques et les dangers d'incendie, ou pour les calculs d'ingénierie de sécurité incendie.

Ces essais sont souvent mal interprétés comme fournissant des résultats qui constituent une indication directe de la toxicité ou du danger toxique lié au matériau ou au produit. De telles interprétations ne sont pas valables et sont contraires aux lignes directrices données dans l'ISO 19706 et dans la CEI 60695-7-1, et risquent de mener à des suppositions incorrectes sur la contribution d'un matériau ou d'un produit donné au danger toxique.

Par conséquent, il convient de ne pas utiliser directement les résultats issus des essais de toxicité à petite échelle dans des spécifications de produits ou pour suggérer tout niveau de risque lorsqu'ils sont pris de façon isolés.

Il convient que les données provenant de méthodes d'essai de potentiel toxique ne soient utilisées qu'en tant que partie d'une évaluation des dangers toxiques, en conjonction avec d'autres données de réaction au feu basées sur le produit, telles que le taux de perte de masse.

4.2 Potentiel toxique

Le terme de « potentiel toxique » est un terme technique spécifique de la science du feu. Il s'agit de la mesure de la quantité de produits toxiques nécessaire pour révéler un effet toxique spécifique. Un potentiel toxique spécifique communément utilisé est la dose d'exposition qui provoque la mort de 50 % des organismes exposés. Il est appelé LCt_{50} (dose d'exposition létale 50).

La dose d'exposition du $i^{\text{ème}}$ composant toxique, $[D]_i$, dans un mélange de composants toxiques, est définie par l'équation suivante:

$$[D]_i = \int C_i \, dt = X_i \frac{1}{V} \int m \, dt = X_i \, D_m$$

ou, si la fraction volumique du $i^{\text{ème}}$ composant toxique est constante dans le temps,

$$[D]_i = C_i \times t$$

où

C_i est la fraction volumique du $i^{\text{ème}}$ composant toxique;

X_i est le rendement volumique du $i^{\text{ème}}$ composant toxique provenant d'un essai de potentiel toxique;

D_m est l'intégrale de la concentration de perte de masse, qui est l'intégrale de la masse perdue pendant le temps d'exposition, t, divisée par le volume de l'effluent du feu;

m est la masse de l'éprouvette d'essai perdue pendant le temps d'exposition;

t est le temps d'exposition, et

V est le volume dans lequel est dispersé l'effluent du feu.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

Dans les deux cas, la dose d'exposition a des unités de fraction volumique × temps, par exemple min.

Dans certains cas, m/V, désigné sous le nom de "concentration de perte de masse", est utilisé au lieu de la fraction volumique, auquel cas la dose d'exposition a des unités de concentration × temps, par exemple, g × min × m^{-3}.

Supposons qu'une exposition de 30 min à une concentration de perte de masse de 20 g × m^{-3} cause l'effet défini, alors le potentiel toxique du matériau est de 600 g × min × m^{-3}. Ceci signifie que, par exemple, une exposition de 10 min à une concentration de perte de masse de 60 g × m^{-3} est supposée causer l'effet défini. De la même façon, une exposition de 20 min à une concentration de perte de masse de 30 g × m^{-3} est également supposée causer le même effet défini.

Le potentiel toxique de l'effluent du feu d'un matériau donné varie en fonction du modèle physique de feu utilisé pour engendrer l'effluent du feu. En particulier, les conditions de température et de ventilation sont des variables critiques. Cette question est examinée plus en détail en 5.1.

4.3 Dose effective fractionnelle (*FED*) et danger toxique

Le potentiel toxique est seulement l'un des facteurs qui déterminent le danger toxique encouru dans tout scénario d'incendie donné, dans le sens où il définit l'effet toxique causé par l'effluent du feu, exprimé par unité de perte de masse. Pour estimer le danger toxique encouru par un produit particulier dans un scénario donné, il est également important d'avoir les données qui définissent la quantité d'effluent du feu dégagée, en fonction du temps (la caractéristique de perte de masse du produit), et de connaître le volume dans lequel est dispersé cet effluent du feu.

Pour un volume de dispersion donné, le danger toxique est proportionnel au produit du potentiel toxique et de la caractéristique de vitesse de perte de masse du produit en question. C'est pourquoi un matériau à potentiel toxique élevé et vitesse de perte de masse du produit final faible, pourrait causer un danger toxique similaire au matériau à potentiel toxique faible et vitesse de perte de masse du produit final élevée.

4.4 Concentration de dose effective *(FEC)*

Pour des irritants des voies respiratoires supérieures, le principe de base pour évaluer le danger toxique implique seulement la concentration de chaque irritant. Des concentrations effectives fractionnaires (*FEC*s) sont déterminées pour chaque irritant à chaque incrément discret de temps. Le temps auquel leur somme excède une valeur-seuil indiquée représente le temps disponible pour l'évasion quant aux critères choisis de sécurité (voir l'ISO 13571).

4.5 Potentiels toxiques génériques

Il importe de se rendre compte que l'exécution d'une évaluation de danger toxique ne nécessite pas toujours de posséder des données de potentiel toxique sur les matériaux en question. De vastes travaux au sein de l'ISO et des travaux publiés par ailleurs ont montré que la plupart des matériaux produisent des atmosphères d'incendie de potentiel toxique similaire.

C'est pourquoi, pour les besoins d'une évaluation de danger toxique initiale de tout scénario d'incendie, il est recommandé de supposer un potentiel toxique générique de 900 g × min × m^{-3} pour tous les matériaux dans des feux bien ventilés, avant embrasement éclair, et de 450 g × min × m^{-3} pour les incendies en air vicié, après embrasement éclair (voir 7.4 de l'ISO 13571:2007). La validité de l'hypothèse d'un potentiel toxique générique peut alors être évaluée en répétant l'évaluation, en utilisant des valeurs de potentiel toxique de 50 % et 200 % de la valeur générique supposée. Si les valeurs de potentiel toxique

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

alternatives modifient de manière significative le résultat de l'évaluation, des données de potentiel toxique encore plus précises peuvent être nécessaires.

5 Aspects généraux des essais de toxicité à petite échelle

5.1 Généralités

Les essais de toxicité à petite échelle sont constitués essentiellement de deux parties:

a) les conditions de décomposition (modèle physique de feu), pour lesquelles il convient qu'elles soient de nature à générer des effluents du feu qui ont la même composition relative que ceux qui seraient produits dans une phase spécifique d'un incendie réel, et

b) les méthodes d'évaluation pour les effluents du feu, en vue de l'évaluation ou du calcul du potentiel toxique, qui peuvent être effectuées soit en exposant les animaux aux effluents du feu, d'une manière contrôlée, et en surveillant leur réponse, soit en effectuant des analyses chimiques des effluents du feu et en estimant le potentiel toxique à partir de leurs concentrations.

Une partie critique de toute méthode est le fait d'être en mesure de relier l'effet toxique ou les concentrations observé(es) à la perte de masse du matériau en essai.

5.2 Modèles physiques du feu

Un matériau donné ne possède pas de potentiel toxique unique qui lui est associé.

La composition de l'effluent du feu d'un matériau donné n'est pas une propriété inhérente de ce matériau, mais elle dépend de façon cruciale des conditions dans lesquelles le matériau brûle. De ce fait, le potentiel toxique de l'effluent du feu dépend des conditions de combustion. La température de décomposition et le niveau de ventilation sont les principales variables qui affectent la composition de l'effluent du feu, et de ce fait le potentiel toxique.

Ces variables ont un effet critique parce qu'ils affectent la nature et les quantités tant d'asphyxiant que de l'espèce d'irritant qui est produit. Par exemple, si un matériel contient de l'azote, donc dans l'ammoniac et du cyanure hydrogène ont tendance à être formé dans des conditions viciées, tandis que dans des oxydes et de l'azote ont tendance à être produit dans des conditions bien aérées.

Les conditions de combustion affecte aussi l'efficacité de la conversion de carbone en oxydes de carbone (le monoxyde de carbone et le dioxyde de carbone - la proportion CO_2/CO). Une proportion plus faible de CO_2/CO indique une proportion plus haute de monoxyde de carbone, qui aboutira à une valeur de puissance toxique inférieure (c'est-à-dire plus toxique).

Il est crucial de montrer que les conditions d'essai définies dans une méthode d'essai normalisée (le modèle physique de feu) sont pertinentes pour le type de feu souhaité dans le scénario d'incendie concerné, et peuvent le reproduire. L'ISO a publié, dans l'ISO 19706, une classification générale des types de feu, qui est donnée au Tableau 1. Les facteurs importants qui affectent le potentiel toxique des effluents du feu sont la concentration en oxygène et l'irradiation/la température.

Dans l'ISO 16312-1, des lignes directrices sont données concernant les critères pour l'évaluation de la validité des modèles physiques de feu, afin d'obtenir des données sur la toxicité des effluents du feu, pour le danger d'incendie et l'évaluation des risques, et l'ISO/TR 16312-2 donne des évaluations des modèles physiques de feu individuels.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

Tableau 1 – Caractéristiques des types de feu (tiré de l'ISO 19706)

Type de feu	Eclairement énergétique à la surface du combustible kW/m^2	Température max. °C		Volume d'oxygène %		Rapport d'équivalence combustible/air (panache)	$\frac{[CO]}{[CO_2]}$ v/v	$\frac{100\times[CO_2]}{([CO_2]+[CO])}$ 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 la production de monoxyde de carbone de façon significative, 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 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

5.3 Etapes d'un incendie dans un local

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 et Tableau 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 menaces principales 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 principales menaces 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 consumés 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

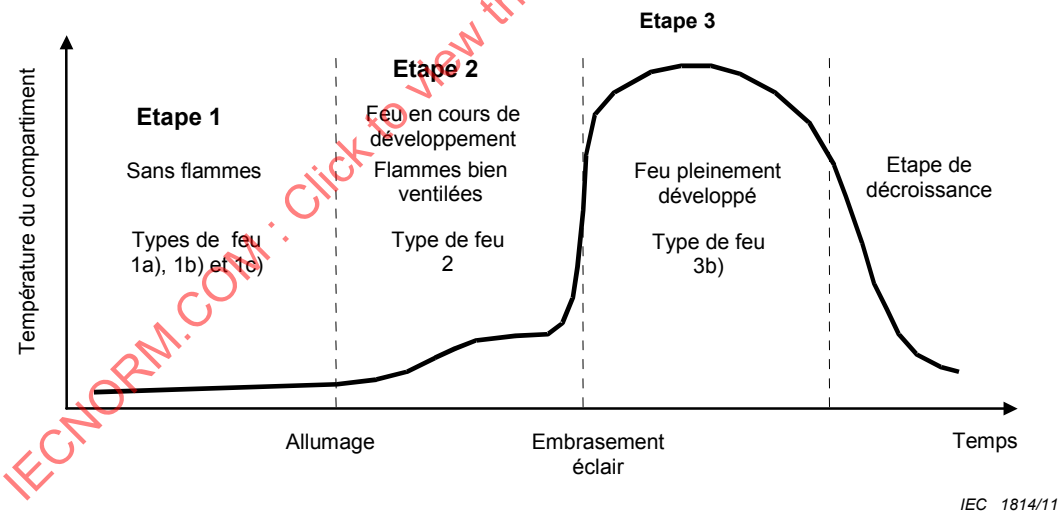

Figure 1 – Différentes étapes du développement d'un feu à l'intérieur d'un compartiment

5.4 Méthodes d'analyse

Les premières études sur la toxicité des effluents du feu étaient principalement fondées sur l'analyse chimique des gaz du feu, et elles ont souvent apporté des conclusions erronées du fait des données insuffisantes concernant le potentiel toxique des gaz individuels et le manque d'appréciation du rôle de la ventilation et de la température de décomposition.

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 spécifique anormalement élevée, ne pourraient être déterminées que par l'exposition des animaux.

Les conclusions de ces travaux indiquent qu'il existe seulement des effets modérément interactifs entre les constituants des effluents du feu, et qu'il ne s'est pas présenté 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 provenant de la plupart des matériaux se sont révélés être dans un ordre de grandeur de un et demi.

Il est possible de calculer les potentiels toxiques des mélanges de gaz du feu de façon raisonnablement précise, en se fondant sur les résultats des analyses chimiques et les données toxicologiques déjà disponibles à partir des essais sur 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.

5.4.1 Méthodes fondées sur des analyses chimiques

Les méthodes fondées 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 [1][2].

Il existe plusieurs facteurs qui ont un impact critique sur la précision des techniques fondées sur l'analyse chimique:

a) il convient que l'éventail des espèces d'effluents sélectionnés pour l'analyse soit assez large pour englober les espèces dont on pourrait prévoir raisonnablement le dégagement, sur la base de la connaissance de la composition du matériau en essai.

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

b) il doit exister une méthode fiable pour évaluer la perte de masse de l'éprouvette d'essai pendant l'essai, afin d'être en mesure de convertir les concentrations de gaz mesurées en concentrations par unité de perte de masse de l'éprouvette d'essai;

c) il doit être possible de convertir les concentrations en gaz et la perte de masse mesurées en valeurs de potentiel toxique. Voir la CEI 60695-7-3 pour une méthode de calcul.

Dans l'ISO 19701, les méthodes pour l'échantillonnage et l'analyse des effluents du feu sont examinées, et dans l'ISO 19702, des lignes directrices sont données concernant l'utilisation de la FTIR[3] (analyse infrarouge à transformée de Fourier).

5.4.2 Méthodes fondées sur l'exposition d'animaux

Il n'est pas recommandé de poursuivre les travaux sur des méthodes fondées sur des essais effectués avec des animaux.

NOTE Si la perte de masse de l'éprouvette d'essai n'est pas mesurée au cours d'un essai fondé sur l'exposition des animaux, les rendements des composants toxiques ne peuvent alors pas être calculés.

6 Résumé de méthodes d'essais fondées sur des analyses chimiques publiées

6.1 Généralités

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

---

2 Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

3 FTIR = *Fourier transform infra-red analysis.*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

Les méthodes d'essai fondées sur des analyses chimiques examinées dans cet article ont été sélectionnées en s'appuyant sur le fait qu'elles représentent des normes publiées internationales, nationales ou de l'industrie, et qu'elles sont communément utilisées dans le domaine de l'électrotechnique. Il n'est pas prévu d'examiner toutes les méthodes d'essai possibles.

6.2 Ministère de la Défense du Royaume-Uni – Defence Standard (DS)

6.2.1 Résumé

L'essai décrit dans la DS 02-713 [2] explore la toxicité des produits de combustion en termes de petites espèces moléculaires survenant lorsqu'un petit échantillon de matériau est complètement brûlé sous excès d'air dans des conditions spécifiées.

6.2.2 But et principe

Des données analytiques de certaines petites espèces moléculaires gazeuses provenant de la combustion complète dans des conditions de combustion avec flammes du matériau en essai sont mathématiquement calculées en utilisant le niveau d'exposition (fraction volumique) de chaque gaz pour provoquer la mort dans un intervalle de base de 30 min, pour en tirer un indice de toxicité combiné.

6.2.3 Éprouvette d'essai

Un nombre suffisant d'éprouvettes d'essai (normalement trois) est découpé du matériau en essai. La masse de l'éprouvette d'essai est choisie pour fournir une précision analytique optimale, en fonction de la nature des produits de combustion et de la sensibilité de la procédure d'analyse.

6.2.4 Méthode d'essai

L'appareillage est une enceinte étanche à l'air d'au moins 0,7 m^3, garnie d'une feuille plastique opaque telle que le polypropylène. Le caisson est équipé d'un ventilateur de brassage. La source de chaleur est un brûleur à bec Bunsen alimenté de méthane ayant une température de 1 150 °C ± 50 °C et l'éprouvette d'essai est munie d'un support permettant de la loger dans les limites de flamme. La combustion est maintenue pour s'assurer de la combustion complète de l'ensemble de l'éprouvette d'essai, et le temps est enregistré.

L'atmosphère de la chambre d'essai est prélevée au moyen de tubes de détection de gaz colorimétriques. Après combustion complète, le brûleur est éteint. Pendant une durée de 30 s, le ventilateur de brassage est mis en marche. Il est ensuite éteint et les gaz sont prélevés. Les essais pour les halogènes contenant des gaz sont effectués en premier. Les gaz analysés sont les suivants: monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, sulfure d'hydrogène, ammoniac, formaldéhyde, chlorure d'hydrogène, acrylonitrile, dioxyde de soufre, oxydes d'azote (NO_x), phénol, cyanure d'hydrogène, bromure d'hydrogène, fluorure d'hydrogène, et phosgène.

Un facteur de correction d'essai à blanc pour les gaz à mesurer est également déterminé en utilisant un essai exempt d'échantillon.

Les résultats sont exprimés en tant qu'indice de toxicité, fondé sur un calcul pondéré comme suit:

$$\text{Indice de toxicité} = \sum C_\theta / C_f$$

où

C_f est la fraction létale de volume du gaz considéré pendant une durée d'exposition de 30 min, comme l'indique le Tableau 2;

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

C_θ est la fraction volumique de chaque gaz produit lorsque l'on brûle 100 g de matériau et que les produits de combustion sont dispersés dans 1 m^3 d'air.

Tableau 2 – Valeurs de C_f extraites de la DS 02-713 pour divers gaz

Gaz	Valeur de $C_f \times 10^6$
Dioxyde de carbone	100 000
Monoxyde de carbone	4 000
Sulfure d'hydrogène	750
Ammoniac	750
Formaldéhyde	500
Chlorure d'hydrogène	500
Acrylonitrile	400
Dioxyde de soufre	400
Oxydes d'azote	250
Phénol	250
Cyanure d'hydrogène	150
Bromure d'hydrogène	150
Fluorure d'hydrogène	100
Phosgène	25

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

6.2.5 Répétabilité et reproductibilité

Aucune donnée n'est disponible.

Les premières versions de l'essai ont souffert d'une médiocre reproductibilité du fait de la spécification inadéquate de la chambre d'essai. L'utilisation des tubes colorimétriques introduit également des erreurs significatives dues à la fois au manque de précision des tubes et au délai causé par la méthode d'analyse séquentielle. Il peut y avoir une dégradation significative des concentrations de gaz pendant la période d'échantillonnage, qui peut atteindre 30 min.

6.2.6 Pertinence des données d'essai et observations spéciales

Cette méthode d'essai est à présent largement critiquée (voir par exemple 6.5.10 de l'ISO 16312-2:2007 et la référence [3]):

a) la combinaison des conditions de ventilation et de température de la flamme signifie que le modèle physique de feu utilisé dans cette méthode ne correspond à aucun des types de feu décrits dans le Tableau 1;

b) les valeurs de pondération utilisées dans le calcul de l'indice de toxicité global sont périmées et susceptibles de causer un parti pris injustifié contre certaines classes de matériaux, et

c) les données sont exprimées selon un format dont l'utilisation est inadaptée à l'évaluation des dangers toxiques.

Globalement, cette méthode n'est pas recommandée en tant que fondement pour de nouvelles études de produits électrotechniques. Il convient de ne pas l'utiliser comme base pour une régulation ou autres contrôles sur les dangers toxiques pour les produits électrotechniques, du fait des limites sur le modèle physique de feu, de la méthode de calcul et du format des données finales. Il convient de ne pas utiliser les données issues de cet essai comme entrée pour les évaluations des dangers toxiques, les évaluations de dangers d'incendie ou les calculs de techniques de sécurité incendie.

Comme pour de nombreux modèles physiques de feu, aucune indication n'est donnée concernant la vitesse de combustion, et donc les matériaux retardateurs de flamme peuvent subir une combustion forcée à la même vitesse que les matériaux sans aucun caractère ignifugeant. Par conséquent, des données d'entrée supplémentaires sur les vitesses de combustion dans différents types de feu sont exigées pour l'évaluation des dangers d'incendie.

Cette méthode d'essai est traitée dans l'ISO 16312-2.

Le Ministère de la Défense du Royaume-Uni prévoit de remplacer cet essai par NATO AFAP-3 (voir 6.4.6).

6.2.7 Document de référence

DS 02-713 [2].

6.3 Airbus industrie

6.3.1 Résumé

Airbus ABD 0031 [4] contient les critères de conception de résistance au feu utilisés à l'intérieur de la section pressurisée du fuselage des avions commerciaux d'Airbus. Il spécifie les exigences de la toxicité des fumées d'incendie (FST, fire-smoke-toxicity) et des méthodes d'essai applicables. Les éléments suivants se rapportent uniquement aux exigences de toxicité.

6.3.2 But et principe

Les parties non métalliques et les sous-ensembles qui sont prévus pour être installés à l'intérieur de la partie pressurisée du fuselage de l'avion de catégorie transport, à l'exception des matériaux utilisés dans des parties réduites, telles que les boutons, poignées, roulements, attaches, pinces, passe-fil, bandes de caoutchouc, poulies et petites parties électriques, sont soumis à l'essai décrit en 6.3.4.

6.3.3 Éprouvette d'essai

La méthode d'essai utilise les mêmes éprouvettes d'essai du point de vue des dimensions que celles qui sont décrites dans la CEI 60695-6-30 [5], c'est-à-dire 76,2 mm × 76,2 mm × l'épaisseur d'installation prévue.

6.3.4 Méthode d'essai

L'essai est réalisé en le combinant (non simultanément) à l'essai de l'opacité des fumées dans la chambre à fumées du NBS (Bureau National des Normes, *National Bureau of Standards*), conformément à l'ASTM E-662 [6].

La procédure d'échantillonnage de gaz débute immédiatement après l'essai de fonctionnement à la fumée de 4 min et après 16 min pour les matériaux d'isolation des fils et câbles électriques.

Au moins deux éprouvettes d'essai sont soumises à l'essai pour chaque condition d'essai (combustion avec flammes et absence de flammes).

Les méthodes utilisées pour l'analyse chimique sont par exemple la chromatographie ionique ou la chromatographie en phase gazeuse. D'autres méthodes peuvent être utilisées, mais on doit démontrer par des essais de comparaison que l'on obtient des résultats équivalents.

Les fractions volumiques observées des gaz suivants sont comparées par rapport aux limites de spécification. Il convient que la moyenne des fractions volumiques des composants de gaz

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

suivants de la fumée ne dépasse pas les limites énumérées dans le Tableau 3 pendant la durée d'essai applicable (4 min et 16 min, respectivement), dans des conditions de combustion avec flammes et exemptes de flammes.

Tableau 3 – Limites de fraction volumique pour composants de gaz

Composants de gaz	Limite de fraction volumique × 10^6
Fluorure d'hydrogène	100
Chlorure d'hydrogène	150
Cyanure d'hydrogène	150
Dioxyde de soufre	100
Gaz nitreux	100
Monoxyde de carbone	3 500

6.3.5 Répétabilité et reproductibilité

Aucune donnée n'est disponible.

6.3.6 Pertinence des données d'essai et observations spéciales

Les conditions de feu et de ventilation ne permettent pas une comparaison entre ce modèle physique de feu et l'un des types de feu décrits dans le Tableau 1.

Seul un nombre limité de composants de gaz est pris en considération.

6.3.7 Documents de référence

ASTM E-662 [6]

AITM 2.0007 [7]

AITM 2.0008 [8]

AITM 3.0005 [9]

6.4 Comité Électrotechnique Italien (CEI)

6.4.1 Résumé

L'essai décrit dans la CEI 20-37/7 [10] est utilisé pour la détermination de l'opacité et de la corrosivité des fumées et pour la détermination d'un indice de toxicité des gaz émis pendant la combustion des câbles électriques et de leurs composés.

6.4.2 But et principe

Cet essai est utilisé pour mesurer la quantité de divers gaz émis pendant la combustion d'une petite éprouvette d'essai de matériau dans un four tubulaire à circulation d'air continue.

Un indice de toxicité est calculé en se fondant sur les concentrations de gaz mesurées et une série de facteurs de pondération.

6.4.3 Éprouvette d'essai

L'éprouvette d'essai, de masse type de 1,0 g, est une pièce de matériau ou une éprouvette d'essai découpée dans un produit fini.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

6.4.4 Méthode d'essai

L'éprouvette d'essai est introduite à l'intérieur d'un tube de quartz placé dans un four tubulaire régulé à 800 °C ± 10 °C; une circulation d'air de 120 l × h^{-1} ± 5 l × h^{-1} passe à travers le tube et sur l'éprouvette d'essai.

On fait passer l'effluent du feu à travers des flacons de lavage, et l'effluent insoluble est collecté dans une poche à gaz.

Les gaz analysés sont les suivants: monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, dioxyde de soufre, formaldéhyde, ammoniac, cyanure d'hydrogène, chlorure d'hydrogène, bromure d'hydrogène, fluorure d'hydrogène, sulfure d'hydrogène, acrylonitrile et oxydes d'azote.

Différentes méthodes sont utilisées pour l'analyse chimique, par exemple la spectrophotométrie, la chromatographie en phase gazeuse, l'analyse à infrarouge et la potentiométrie.

6.4.5 Répétabilité et reproductibilité

Aucune donnée n'est disponible.

6.4.6 Pertinence des données d'essai et observations spéciales

Les conditions de température d'essai et de ventilation dans cette méthode sont telles que le modèle physique de feu ne correspond à aucun des types de feu décrits dans le Tableau 1. Cependant, avec des modifications apportées soit à la température d'essai soit au débit d'air, le modèle physique de feu pourrait être réalisé pour reproduire les types de feu 2 ou 3b (voir Tableau 1).

La perte de masse de l'éprouvette d'essai n'est pas consignée pendant et après l'essai et, de ce fait, les résultats ne peuvent pas être exprimés en tant que potentiel toxique.

Comme pour de nombreux modèles physiques de feu, aucune indication n'est donnée concernant la vitesse de combustion, et donc les matériaux retardateurs de flamme peuvent subir une combustion forcée à la même vitesse que les matériaux sans aucun caractère ignifugeant. Par conséquent, des données d'entrée supplémentaires sur les vitesses de combustion dans différents types de feu sont exigées pour l'évaluation des dangers d'incendie.

Un essai similaire, AFAP-3[11], a été mis au point par l'OTAN (NATO), dans lequel les essais sont réalisés à 350 °C ou 800 °C, avec une circulation d'air de 2 l × min^{-1}. En plus de la détermination du monoxyde de carbone, du dioxyde de carbone, du cyanure d'hydrogène, du fluorure d'hydrogène, du chlorure d'hydrogène, du bromure d'hydrogène, des oxydes d'azote et du dioxyde de soufre, cette variante exige la détermination de l'acrylonitrile, de l'ammoniac, du phénol, du benzène, du styrène et du toluène dans les deux conditions, et également la détermination du sulfure d'hydrogène, de l'acide formique, du disulfure de carbone et de l'acétaldéhyde à 350 °C [12].

6.4.7 Documents de référence

CEI 20-37/7 [10]

NATO AFAP-3 [11]

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

6.5 Norme Française (NF)

6.5.1 Résumé

Les essais décrits dans la NF C20-454 [13] et la NF X70-100 [14], [15] sont utilisés pour la détermination d'un indice de toxicité des gaz émis pendant la combustion des éprouvettes d'essai dans un four tubulaire. La NF C20-454 est destinée aux matériaux utilisés dans les applications électrotechniques, et la NF X70-100 a été élaborée pour les essais des produits et des matériaux utilisés dans l'industrie ferroviaire.

6.5.2 But et principe

Ces essais mesurent et quantifient les différents gaz émis pendant la combustion ou la pyrolyse des éprouvettes d'essai.

Les gaz analysés sont les suivants: monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, chlorure d'hydrogène, bromure d'hydrogène, fluorure d'hydrogène, cyanure d'hydrogène, oxydes d'azote (NO et NO_2), dioxyde de soufre, formaldéhyde et acroléine.

6.5.3 Éprouvette d'essai

L'éprouvette d'essai, de masse type de 1,0 g, est une pièce de matériau ou une éprouvette d'essai découpée dans un produit fini.

6.5.4 Méthode d'essai

L'éprouvette d'essai est placée dans une nacelle en porcelaine à l'intérieur d'un tube à combustion en quartz placé dans un ensemble de four tubulaire régulé à 800 °C ou, dans le cas de la NF X70-100, 400 °C ou 600 °C. On fait passer un débit d'air de 120 $l \times h^{-1}$ à travers le tube, sur l'éprouvette d'essai.

Une variété de méthodes analytiques peut être utilisée, y compris la chromatographie, la potentiométrie, la chimie par voie humide classique, l'IR et la FTIR.

6.5.5 Répétabilité et reproductibilité

Les données des essais inter laboratoires sont consignées dans la NF X70-100-1 [14].

6.5.6 Pertinence des données d'essai et observations spéciales

Les conditions de température d'essai et de ventilation dans cette méthode signifient que le modèle physique de feu ne correspond à aucun des types de feu décrits dans le Tableau 1. Cependant, avec des modifications apportées soit à la température d'essai soit au débit d'air, le modèle physique de feu pourrait être réalisé pour reproduire les types de feu 2 ou 3b (voir Tableau 1).

La perte de masse de l'éprouvette d'essai n'est pas consignée pendant et après l'essai et, de ce fait, les résultats ne peuvent pas être exprimés en tant que potentiel toxique.

Comme pour de nombreux modèles physiques de feu, aucune indication n'est donnée concernant la vitesse de combustion, et donc les matériaux retardateurs de flamme peuvent subir une combustion forcée à la même vitesse que les matériaux sans aucun caractère ignifugeant. Par conséquent, des données d'entrée supplémentaires sur les vitesses de combustion dans différents types de feu sont exigées pour l'évaluation des dangers d'incendie.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

Les résultats des essais de la NF X70-100 ont été comparés aux rendements en gaz à partir d'essais au feu en grandeur réelle de matériaux utilisés dans les trains [16]. Certaines corrélations raisonnables ont été trouvées pour la toxicité des matériaux structurels.

La NF X70-100 est l'une des méthodes d'essai de toxicité spécifiées dans la CEN TS 45545-2 [17].

La NF X70-100 est traitée dans l'ISO 16312-2.

6.5.7 Documents de référence

NF C20-454 [13]
NF X70-100-1 [14]
NF X70-100-2 [15]
CEN TS 45545-2 [17]

6.6 Commission Électrotechnique Internationale (CEI)

6.6.1 Résumé

La CEI 60695-7-50 [18] décrit la production d'effluents du feu, et l'identification et la mesure de leurs produits de combustion constitutifs. Cette méthode d'essai utilise une éprouvette d'essai mobile et un four tubulaire à différentes températures et différents débits d'air. Cette méthode est conçue pour reproduire certaines conditions de décomposition dans une gamme de types de feu telle que caractérisée dans le Tableau 1.

Cette méthode d'essai est conçue pour modéliser étroitement les types de feu 1b, 2 et 3b (voir Tableau 1), et a aussi le potentiel d'en modéliser d'autres si nécessaire. Dans cet essai, la mesure de l'effluent du feu est réalisée au moyen d'éprouvettes d'essai qui peuvent être prélevées à partir de produits finis, ou, si l'appareillage et la méthode le permettent, le produit fini lui-même.

6.6.2 But et principe

La méthode d'essai décrite est fondée sur le même concept que la méthode de la DIN 53436-1 [19]. Le four tubulaire et le type de tube en quartz sélectionnés sont ceux qui sont couramment spécifiés par la CEI 60754-2 [20], qui donne une performance connue dans des conditions d'essai, et qui est largement disponible.

Dans cette méthode d'essai, une éprouvette d'essai de matériau sous la forme d'une bande coupée en petits morceaux, est introduite dans un tube en quartz à vitesse constante, et un courant d'air primaire est envoyé à travers le tube en quartz sur l'éprouvette d'essai, pour supporter la combustion. L'effluent est expulsé du tube en quartz dans une chambre de mélange et de mesure, où il est dilué à de l'air secondaire. L'effluent est ensuite analysé et évacué.

Les conditions de décomposition dans le tube en quartz sont réglées en utilisant différentes combinaisons de températures et de débits d'air primaire en passages séparés, pour modéliser la condition de décomposition dans une gamme de types de feu, ainsi que le caractérise le Tableau 1, ou comme prescrit.

6.6.3 Éprouvette d'essai

L'éprouvette d'essai est répartie uniformément le long de la nacelle, de sorte qu'un flux constant de produits de décomposition soit produit, tandis que l'échantillon passe à travers le tube en quartz. Il convient que la charge de combustible soit approximativement de 10 g, répartie sur 400 mm (25 g × m^{-1}).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011

Cependant, dans tous les cas, il est essentiel que la répartition uniforme de l'éprouvette d'essai soit maintenue et que la charge de combustible par unité de longueur soit connue, de sorte que la vitesse de décomposition puisse être déterminée.

6.6.4 Méthode d'essai

Il convient de soumettre à l'essai chaque matériau selon une ou plusieurs des conditions de décomposition exposées dans le Tableau 4:

Tableau 4 – Conditions de décomposition

Type de feu		T max °C	Débit d'air primaire l × min^{-1}
1b	Décomposition sans flammes (par oxydation)	350	1,1
2	Feu en cours de développement (avec flammes)	650	22,6
3b	Feu pleinement développé (avec flammes), ventilation relativement faible	825	2,7

La température du four est élevée à la température désirée, avec le débit d'air primaire désiré. Il convient que l'air primaire soit propre et sec (humidité relative inférieure à 1 % à 25 °C). L'éprouvette d'essai est répartie uniformément le long de la nacelle, et la nacelle est introduite dans le tube en quartz, de sorte que l'extrémité avant soit à 50 mm de l'extrémité d'arrivée d'air à l'entrée du four. Le débit secondaire prescrit est réglé pour donner un débit total à travers la chambre de mélange de 50 l × min^{-1}. Les équipements d'échantillonnage et de mesure sont étalonnés, et l'expérience commence. On déplace l'éprouvette d'essai dans le tube en quartz à une vitesse de 40 mm × min^{-1}.

6.6.5 Prélèvements d'effluent

Les échantillons pour l'analyse sont prélevés en continu dans la chambre, à un débit de 2 l × min^{-1} ± 0,05 l × min^{-1}, et sont dirigés sur un agent de séchage et un système de filtre à fumée, à travers les analyseurs appropriés, et les résultats sont enregistrés en continu ainsi que la densité optique de fumée qui reste une option. Pour les expériences de combustion avec flammes, des observations sont effectuées au niveau du tube en quartz pour déterminer le moment où survient l'allumage, ou pour s'assurer que la combustion avec flammes est absente pendant les expériences réalisées en l'absence de flammes. La condition du feu peut être également vérifiée à partir des mesures de gaz et de fumée. Les sorties des moniteurs de gaz et de fumée sont observées au cours des premières phases de l'essai.

Lorsque ces sorties ont atteint des niveaux constants, les conditions de régime permanent dynamique ont été atteintes. Il convient que les conditions de décomposition restent permanentes pendant un minimum de 10 min, pour permettre de caractériser le comportement de décomposition de l'éprouvette d'essai et les rendements de produit toxique.

6.6.6 Répétabilité et reproductibilité

Aucune donnée n'est disponible.

6.6.7 Pertinence des données d'essai et observations spéciales

Les résultats de cette méthode d'essai peuvent être utilisés pour estimer le potentiel toxique, d'après le principe de dose effective fractionnelle (FED) décrit dans la CEI 60695-7-51 [21].

Comme pour de nombreux modèles physiques de feu, aucune indication n'est donnée concernant la vitesse de combustion, et donc les matériaux retardateurs de flamme peuvent

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-7-2:2011