

# SPÉCIFICATION TECHNIQUE

**CEI  
IEC**

# TECHNICAL SPECIFICATION

**TS 60695-6-2**

Deuxième édition  
Second edition  
2005-07

---

---

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ  
BASIC SAFETY PUBLICATION

---

---

## **Essais relatifs aux risques du feu –**

### **Partie 6-2:**

#### **Opacité des fumées –**

#### **Résumé et pertinence des méthodes d'essais**

## **Fire hazard testing –**

### **Part 6-2:**

#### **Smoke obscuration –**

#### **Summary and relevance of test methods**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC/TS 60695-6-2:2005

## Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

## Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

## Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tél: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

## Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

## Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

# SPÉCIFICATION TECHNIQUE

**CEI  
IEC**

# TECHNICAL SPECIFICATION

**TS 60695-6-2**

Deuxième édition  
Second edition  
2005-07

---

---

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ  
BASIC SAFETY PUBLICATION

---

---

## **Essais relatifs aux risques du feu –**

### **Partie 6-2:**

### **Opacité des fumées –**

### **Résumé et pertinence des méthodes d'essais**

## **Fire hazard testing –**

### **Part 6-2:**

### **Smoke obscuration –**

### **Summary and relevance of test methods**

© IEC 2005 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland  
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**V**

Pour prix, voir catalogue en vigueur  
For price, see current catalogue

## SOMMAIRE

|                                                                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                                                                                    | 6  |
| INTRODUCTION .....                                                                                                                                                                    | 10 |
| 1 Domaine d'application .....                                                                                                                                                         | 12 |
| 2 Références normatives .....                                                                                                                                                         | 12 |
| 3 Termes et définitions .....                                                                                                                                                         | 14 |
| 4 Classification des méthodes d'essais .....                                                                                                                                          | 18 |
| 4.1 Général .....                                                                                                                                                                     | 18 |
| 4.2 Modèle feu .....                                                                                                                                                                  | 18 |
| 4.3 Méthode d'essai statique .....                                                                                                                                                    | 20 |
| 4.4 Méthode d'essai dynamique .....                                                                                                                                                   | 20 |
| 5 Types d'éprouvettes .....                                                                                                                                                           | 20 |
| 6 Méthodes d'essais statiques publiées .....                                                                                                                                          | 22 |
| 6.1 Général .....                                                                                                                                                                     | 22 |
| 6.2 Détermination de l'opacité de la fumée dans une chambre NBS .....                                                                                                                 | 22 |
| 6.3 Détermination de l'opacité des fumées par un essai en enceinte unique .....                                                                                                       | 26 |
| 6.4 Détermination de la densité de fumées dans une chambre à fumée de «trois mètres au cube» .....                                                                                    | 30 |
| 6.5 Détermination de la densité optique spécifique avec un dispositif d'essai à chambre double .....                                                                                  | 34 |
| 7 Méthodes d'essais dynamiques publiées .....                                                                                                                                         | 34 |
| 7.1 Général .....                                                                                                                                                                     | 34 |
| 7.2 Détermination de la densité de la fumée dégagée par des câbles électriques montés sur une échelle horizontale .....                                                               | 34 |
| 7.3 Détermination de la fumée générée par des câbles électriques montés sur une échelle verticale .....                                                                               | 36 |
| 7.4 Détermination de la fumée en utilisant un cône calorimètre .....                                                                                                                  | 38 |
| 8 Vue d'ensemble des méthodes et relations entre les résultats .....                                                                                                                  | 42 |
| Annexe A (informative) Données sur la répétabilité et la reproductibilité – Chambre NBS – Essais interlaboratoires basés sur les normes françaises NF C20-902-1 et NF C20-902-2 ..... | 46 |
| Annexe B (informative) Données sur la répétabilité et la reproductibilité – ISO 5659-2 .....                                                                                          | 48 |
| Annexe C (informative) Données sur la répétabilité et la reproductibilité – Chambre de "trois mètres au cube" – Essais interlaboratoires (round robin) selon la CEI 61034-1 .....     | 52 |
| Annexe D (informative) Données sur la répétabilité et la reproductibilité – NFPA 262 .....                                                                                            | 54 |
| Annexe E (informative) Données de précision de la mesure de la fumée de l'ISO 5660-2 .....                                                                                            | 56 |
| Bibliographie .....                                                                                                                                                                   | 58 |

## CONTENTS

|                                                                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                                                                                                          | 7  |
| INTRODUCTION.....                                                                                                                                                      | 11 |
| <br>                                                                                                                                                                   |    |
| 1 Scope.....                                                                                                                                                           | 13 |
| 2 Normative references.....                                                                                                                                            | 13 |
| 3 Terms and definitions .....                                                                                                                                          | 15 |
| 4 Classification of test methods .....                                                                                                                                 | 19 |
| 4.1 General .....                                                                                                                                                      | 19 |
| 4.2 Fire model .....                                                                                                                                                   | 19 |
| 4.3 Static test method.....                                                                                                                                            | 21 |
| 4.4 Dynamic test method .....                                                                                                                                          | 21 |
| 5 Types of test specimen .....                                                                                                                                         | 21 |
| 6 Published static test methods.....                                                                                                                                   | 23 |
| 6.1 General .....                                                                                                                                                      | 23 |
| 6.2 Determination of smoke opacity in an NBS chamber .....                                                                                                             | 23 |
| 6.3 Determination of smoke opacity by a single-chamber test.....                                                                                                       | 27 |
| 6.4 Determination of smoke density in a "three metre cube" smoke chamber.....                                                                                          | 31 |
| 6.5 Determination of specific optical density using a dual-chamber test .....                                                                                          | 35 |
| 7 Published dynamic tests.....                                                                                                                                         | 35 |
| 7.1 General.....                                                                                                                                                       | 35 |
| 7.2 Determination of smoke density generated by electric cables mounted on a horizontal ladder.....                                                                    | 35 |
| 7.3 Determination of smoke generated by electrical cables mounted on a vertical ladder.....                                                                            | 37 |
| 7.4 Determination of smoke using a cone calorimeter .....                                                                                                              | 39 |
| 8 Overview of methods and relevance of data .....                                                                                                                      | 43 |
| <br>                                                                                                                                                                   |    |
| Annex A (informative) Repeatability and reproducibility data – NBS smoke chamber – Interlaboratory tests from the French standards NF C20-902-1 and NF C20-902-2 ..... | 47 |
| Annex B (informative) Repeatability and reproducibility data – ISO 5659-2 .....                                                                                        | 49 |
| Annex C (informative) Repeatability and reproducibility data – "Three metre cube" smoke chamber – French round robin tests according to IEC 61034-1 .....              | 53 |
| Annex D (informative) Repeatability and reproducibility data – NFPA 262.....                                                                                           | 55 |
| Annex E (informative) Precision data of smoke measurement in ISO 5660-2.....                                                                                           | 57 |
| <br>                                                                                                                                                                   |    |
| Bibliography.....                                                                                                                                                      | 59 |

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1 – Classification générale des feux suivant l'ISO/TR 9122-1 .....                              | 20 |
| Tableau 2 – Vue d'ensemble des méthodes d'essais de fumée .....                                         | 44 |
| Tableau A.1 – Valeurs de $D_m$ .....                                                                    | 46 |
| Tableau B.1 – Valeurs de $D_s 10$ .....                                                                 | 48 |
| Tableau B.2 – Résultats d'essai pour le polycarbonate .....                                             | 48 |
| Tableau B.3 – Résultats d'essai pour les revêtements de sol en PVC .....                                | 50 |
| Tableau C.1 – Valeurs du flux lumineux transmis en pourcentage .....                                    | 52 |
| Tableau E.1 – Combinaisons de matériaux de meubles rembourrés .....                                     | 56 |
| Tableau E.2 – Répétabilité et reproductibilité de la surface spécifique d'extinction ( $m^2/kg$ ) ..... | 56 |

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TS 60695-6-2:2005

Without watermark

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Table 1 – General classification of fires according to ISO/TR 9122-1 .....                  | 21 |
| Table 2 – Overview of smoke test methods.....                                               | 45 |
| Table A.1 – Measurement of $D_m$ .....                                                      | 47 |
| Table B.1 – Measurement of $D_{s10}$ .....                                                  | 49 |
| Table B.2 – Test results for poly-carbonate.....                                            | 49 |
| Table B.3 – Test results for PVC flooring.....                                              | 51 |
| Table C.1 – Measurement of transmission expressed as a percentage .....                     | 53 |
| Table E.1 – Combinations of materials of upholstered furniture.....                         | 57 |
| Table E.2 – Repeatability and reproducibility of specific extinction area ( $m^2/kg$ )..... | 57 |

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TS 60695-6-2:2005

Without watermark

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

### Partie 6-2: Opacité des fumées – Résumé et pertinence des méthodes d'essais

#### 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 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'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les normes internationales de la CEI dans leurs normes 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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'une spécification technique

- lorsqu'en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale, ou
- lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou quand, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat.

Les spécifications techniques font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## FIRE HAZARD TESTING –

**Part 6-2: Smoke obscuration –  
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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- The subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

Technical specifications are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards.

La CEI 60695-6-2, qui est une spécification technique, a été établie par le comité d'études 89 de la CEI: Essais relatifs aux risques du feu.

Cette seconde édition annule et remplace la première édition publiée en 2001.

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

- mise à jour des références normatives;
- ajout de termes et de définitions;
- nombreuses modifications rédactionnelles de nature technique dans toute la publication.

La présente spécification technique doit être utilisée conjointement à la CEI 60695-6-1.

Elle a le statut de publication fondamentale de sécurité, conformément au Guide CEI 104.

Le texte de cette spécification technique est issu des documents suivants:

| Projet d'enquête | Rapport de vote |
|------------------|-----------------|
| 89/658/DTS       | 89/672A/RVC     |

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

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

La CEI 60695-6, qui porte le titre général *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 6: Opacité des fumées*, comprend les parties suivantes:

- Partie 6-1: Lignes directrices générales
- Partie 6-2: Résumé et pertinence des méthodes d'essais
- Partie 6-30: Guide et méthodes d'essai pour l'évaluation des dangers d'obscurcissement de la vision par les fumées provenant de produits électrotechniques impliqués dans des feux – Méthode statique à petite échelle – Détermination de l'opacité des fumées – Description de l'appareillage
- Partie 6-31: Méthode statique à petite échelle – Matériaux

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance 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

- transformée en Norme internationale,
- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IEC 60695-6-2, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 89: Fire hazard testing.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2001.

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

- updated normative references;
- expanded terms and definitions;
- numerous editorial changes of a technical nature throughout the publication.

This technical specification is to be used in conjunction with IEC 60695-6-1.

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

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

|               |                  |
|---------------|------------------|
| Enquiry draft | Report on voting |
| 89/658/DTS    | 89/672A/RVC      |

Full information on the voting for the approval of this technical specification 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.

IEC 60695-6, under the general heading *Fire hazard testing – Part 6: Smoke obscuration*, consists of the following parts:

Part 6-1: General guidance

Part 6-2: Summary and relevance of test methods

Part 6-30: Guidance and test methods on the assessment of obscuration hazard of vision caused by smoke opacity from electrotechnical products involved in fires – Small scale static method – Determination of smoke opacity – Description of the apparatus

Part 6-31: Small-scale static test – Materials

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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

- transformed into an International standard,
- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

## INTRODUCTION

Il est nécessaire que le risque d'incendie soit envisagé pour tout circuit électrique, et l'objectif lors de la conception des composants, des circuits et des équipements ainsi que le choix des matériaux est de réduire la probabilité d'incendie, même dans le cas d'une utilisation anormale prévisible, d'un mauvais fonctionnement ou d'une défaillance.

Les produits électrotechniques, initialement victimes de l'incendie, peuvent néanmoins contribuer à l'incendie. L'un des risques y participant est la production de fumée, qui peut entraîner la perte de la vision et/ou une désorientation pouvant entraver l'évacuation des immeubles ou la lutte contre l'incendie.

Cette spécification technique décrit des méthodes d'essais de mesure de la fumée, communément utilisées pour évaluer les fumées émises par les produits électrotechniques ou les matériaux utilisés dans les produits électrotechniques. Elle fait partie de la série CEI 60695-6, qui donne des indications aux comités de produits désirant incorporer des méthodes d'essais sur l'obscurcissement par la fumée dans les normes de produit.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TS 60695-6-2:2005

Without watermark

## INTRODUCTION

The risk of fire needs to be considered in any electrical circuit, and the objective of component, circuit and equipment design, and the choice of materials, is to reduce the likelihood of fire, even in the event of foreseeable abnormal use, malfunction or failure.

Electrotechnical products, primarily as victims of fire, may nevertheless contribute to the fire. One of the contributing hazards is the release of smoke, which may cause loss of vision and/or disorientation which could impede escape from the building, or fire fighting.

This technical specification describes smoke test methods in common use to assess the smoke release from electrotechnical products, or from materials used in electrotechnical products. It forms part of the IEC 60695-6 series which gives guidance to product committees wishing to incorporate test methods for smoke obscuration in product standards.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TS 60695-6-2:2005

Without watermark

## ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

### Partie 6-2: Opacité des fumées – Résumé et pertinence des méthodes d'essais

#### 1 Domaine d'application

La présente spécification technique donne un résumé des méthodes d'essais qui sont utilisées pour évaluer l'obscurcissement par la fumée. Elle présente un bref résumé des méthodes d'essais dynamiques et statiques communément utilisées, aussi bien comme normes internationales ou nationales ou normes industrielles. Elle inclut des observations particulières relatives à un scénario feu, pour les produits électrotechniques et leurs matériaux, et donne des recommandations pour leurs utilisations.

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.

#### 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 60695-4:2005, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 4: Terminologie relative aux essais au feu*

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

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

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

ISO/CEI 13943:2000, *Sécurité au feu – Vocabulaire*

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

ISO 5725-2, *Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure – Partie 2: Méthode de base pour la détermination de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode de mesure normalisée*

ISO/TR 9122-1:1989, *Essais de toxicité des effluents du feu – Partie 1: Généralités*<sup>1</sup>

NF C20-902-1, *Essais relatifs aux risques du feu – Méthodes d'essai – Détermination de l'opacité des fumées en atmosphère non renouvelée – Partie 1: Méthodologie et dispositif d'essai*

---

<sup>1</sup> Ce document a été annulé.

## FIRE HAZARD TESTING –

### Part 6-2: Smoke obscuration – Summary and relevance of test methods

#### 1 Scope

This technical specification gives a summary of the test methods that are used in the assessment of smoke obscuration. It presents a brief summary of static and dynamic test methods in common use, either as international standards or national or industry standards. It includes special observations on their relevance to electrotechnical products and their materials and to fire scenarios, and it gives recommendations on their use.

One of the responsibilities of a technical committee is, wherever applicable, to make use of basic safety publications in the preparation of its 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 60695-4:2005, *Fire hazard testing – Part 4: Terminology concerning fire tests*

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

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

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

ISO/IEC 13943:2000, *Fire safety – Vocabulary*

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

ISO 5725-2, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method*

ISO/TR 9122-1:1989, *Toxicity testing of fire effluents – Part 1: General*<sup>1</sup>

NF C20-902-1, *Fire hazard testing – Test methods – Determination of smoke opacity without air change – Part 1: Methodology and test devices*

---

<sup>1</sup> This document has been withdrawn.

NF C20-902-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Méthodes d'essai – Détermination de l'opacité des fumées en atmosphère non renouvelée – Partie 2: Méthode d'essai pour matériaux utilisés dans les câbles électriques et dans les câbles à fibres optiques*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivantes s'appliquent, dont certains sont tirés de l'ISO/CEI 13943 et de la CEI 60695-4.

#### 3.1

##### **combustion**

réaction exothermique d'une substance avec un comburant

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

[ISO/CEI 13943, définition 23]

#### 3.2

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

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

NOTE C'est une mesure de quantité de fumée.

[CEI 60695-4, définition 3.17]

#### 3.3

##### **coefficient d'extinction de la fumée**

logarithme népérien de l'opacité de la fumée divisé par la longueur du faisceau lumineux utilisé pour mesurer l'opacité de la fumée

[CEI 60695-4, définition 3.18]

#### 3.4

##### **feu**

##### **incendie**

a) feu: combustion caractérisée par une émission de chaleur et d'effluents accompagnée de fumée et/ou de flammes et/ou d'incandescence;

b) incendie: combustion rapide qui se développe sans contrôle dans le temps et dans l'espace

[CEI 60695-4, définition 3.19]

#### 3.5

##### **effluents du feu**

ensemble des gaz, particules ou aérosols dégagés par combustion ou pyrolyse

[CEI 60695-4, définition 3.23]

#### 3.6

##### **risques du feu**

##### **danger d'incendie**

possibilité de blessures ou de perte de la vie et/ou de dégâts matériels que représente un incendie

[CEI 60695-4, définition 3.26]

NF C20-902-2, *Fire hazard testing – Test methods – Determination of smoke opacity without air change – Part 2: Test methods for materials used in electric cables and in optical fibre cables*

### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document the following definitions apply, some of which are taken from ISO/IEC 13943 and IEC 60695-4.

#### 3.1

##### **combustion**

exothermic reaction of a substance with an oxidiser

NOTE Combustion generally emits effluent accompanied by flames and/or visible light

[ISO/IEC 13943, definition 23]

#### 3.2

##### **extinction area of smoke**

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

NOTE It is a measure of the amount of smoke.

[IEC 60695-4, definition 3.17]

#### 3.3

##### **extinction coefficient of smoke**

natural logarithm of the opacity of smoke divided by the path length of the light used to measure the smoke opacity

[IEC 60695-4, definition 3.18]

#### 3.4

##### **fire**

- a) process of combustion characterized by the emission of heat and effluent accompanied by smoke, and/or flame, and/or glowing;
- b) rapid combustion spreading uncontrolled in time and space

[IEC 60695-4, definition 3.19]

#### 3.5

##### **fire effluent**

the total gaseous, particulate or aerosol effluent from combustion or pyrolysis

[IEC 60695-4, definition 3.23]

#### 3.6

##### **fire hazard**

potential for injury or loss of life and/or damage to property from fire

[IEC 60695-4, definition 3.26]

### 3.7

#### **modèle feu**

procédé ou processus ayant pour but de représenter, de prédire ou de reproduire une ou plusieurs étapes d'un feu, ou la transition entre deux étapes

[ISO/CEI 13943, définition 51]

### 3.8

#### **scénario feu**

description détaillée des conditions, y compris de l'environnement, dans lesquelles se déroulent une ou plusieurs étapes d'un feu réel à un emplacement spécifique ou d'une simulation dans un essai en vraie grandeur, depuis la situation avant le début jusqu'à la fin de la combustion

[ISO/CEI 13943, définition 58]

### 3.9

#### **éclairage énergétique**

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

NOTE Il est exprimé en watts par mètre carré.

[ISO/CEI 13943, définition 85]

### 3.10

#### **allumage**

action d'allumer

NOTE Le terme "ignition" a en français un sens très différent [état d'un corps en combustion].

[ISO/CEI 13943, définition 96]

### 3.11

#### **densité optique massique de la fumée**

densité optique multipliée par un facteur,  $V / (L \times \Delta m)$ , où  $V$  est le volume de la chambre d'essai,  $\Delta m$  est la perte de masse de l'éprouvette d'essai, et  $L$  est la longueur du faisceau lumineux

### 3.12

#### **densité optique de la fumée**

logarithme décimal de l'opacité de la fumée ( $\lg(I/T)$ ) (voir aussi *densité optique spécifique*)

[CEI 60695-4, définition 3.68]

### 3.13

#### **essai en vraie grandeur**

essai qui simule une situation d'utilisation finale dans la taille et le décor environnant

[CEI 60695-4, définition 3.73]

### 3.14

#### **essai à petite échelle**

essai qui peut être effectué sur une paillasse typique de laboratoire

[CEI 60695-4, définition 3.77]

**3.7****fire model**

procedure or process intended to represent, predict or reproduce one or more phases of a fire, or the transition between phases

[ISO/IEC 13943, definition 51]

**3.8****fire scenario**

detailed description of conditions, including environmental, of one or more stages from before ignition to after completion of combustion in an actual fire at a specific location or in a real-scale simulation

[ISO/IEC 13943, definition 58]

**3.9****heat flux**

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

NOTE It is expressed in watts per square metre.

[ISO/IEC 13943, definition 85]

**3.10****ignition**

initiation of combustion

NOTE The term "ignition" in French has a very different meaning [state of body combustion].

[ISO/IEC 13943, definition 96]

**3.11****mass optical density of smoke**

optical density multiplied by a factor,  $V/(L \times \Delta m)$ , where  $V$  is the volume of the test chamber,  $\Delta m$  is the mass loss of the test specimen and  $L$  is the light path length

**3.12****optical density of smoke**

common logarithm of the opacity of smoke ( $\lg(I/T)$ ) (see also *specific optical density*)

[IEC 60695-4, definition 3.68]

**3.13****real-scale test**

test which simulates an end-use situation in both size and surroundings

[IEC 60695-4, definition 3.73]

**3.14****small-scale test**

test which may be made on a typical laboratory bench

[IEC 60695-4, definition 3.77]

### 3.15

#### **fumée**

ensemble visible de particules solides et/ou liquides en suspension dans les gaz résultant d'une combustion ou d'une pyrolyse

[CEI 60695-4, définition 3.79]

### 3.16

#### **obscurcissement par la fumée**

réduction de la visibilité due à la fumée

[CEI 60695-4, définition 3.80]

### 3.17

#### **vitesse de production de fumée**

surface d'extinction de la fumée produite, par unité de temps, par la combustion d'un matériau dans des conditions d'essai spécifiées

### 3.18

#### **vitesse de dégagement de fumée**

voir "vitesse de production de fumée"

### 3.19

#### **surface spécifique d'extinction de la fumée**

surface d'extinction de la fumée divisée par la perte de masse de l'éprouvette

[CEI 60695-4, définition 3.83]

### 3.20

#### **densité optique spécifique de la fumée**

densité optique multipliée par un facteur géométrique  $V/AL$ , où  $V$  est le volume de la chambre d'essai,  $A$  est l'aire de la surface exposée de l'éprouvette, et  $L$  est la longueur du faisceau lumineux

NOTE L'utilisation du terme 'spécifique' ne signifie pas, dans ce cas-ci, 'masse par unité', mais plutôt une quantité sans dimension associée à un appareillage d'essai particulier et à une aire de surface d'éprouvette.

### 3.21

#### **visibilité**

distance maximale à laquelle un objet de taille, de brillance et de contraste définis peut être vu et reconnu

## **4 Classification des méthodes d'essais**

### **4.1 Général**

La classification de la méthode d'essai est définie selon qu'il s'agit d'une méthode statique ou dynamique, et/ou selon le type d'éprouvette d'essai.

### **4.2 Modèle feu**

La quantité et la vitesse de dégagement de fumée pour un matériau ou un produit donné n'est pas une propriété inhérente au matériau ou au produit, mais elle dépend étroitement de la façon dont le matériau ou le produit est brûlé. La température de décomposition et l'importance de la ventilation sont les variables principales qui affectent les effluents du feu, et donc la quantité et la vitesse de dégagement de fumée.

**3.15****smoke**

visible suspension of solid and/or liquid particles in gases resulting from combustion or pyrolysis

[IEC 60695-4, definition 3.79]

**3.16****smoke obscuration**

reduction in visibility due to smoke

[IEC 60695-4, definition 3.80]

**3.17****smoke production rate**

extinction area of smoke produced, per unit time, by the combustion of a material under specified test conditions

**3.18****smoke release rate**

see "smoke production rate"

**3.19****specific extinction area of smoke**

extinction area of smoke divided by the mass loss of the test specimen

[IEC 60695-4, definition 3.83]

**3.20****specific optical density of smoke**

optical density multiplied by a geometric factor  $V/AL$ , where  $V$  is the volume of the test chamber,  $A$  is the exposed surface area of the test specimen and  $L$  is the light path length.

NOTE The use of the term 'specific' does not, in this case, denote 'per unit mass' but rather denotes a dimensionless quantity associated with a particular test apparatus and exposed surface area of the test specimen.

**3.21****visibility**

maximum distance at which an object of defined size, brightness and contrast can be seen and recognized

**4 Classification of test methods****4.1 General**

The classification of the test method is characterised by whether it is static or dynamic and/or the type of test specimen.

**4.2 Fire model**

The amount and rate of smoke released from a given material or product is not an inherent property of that material or product, but is critically dependant on the conditions under which that material or product is burnt. Decomposition temperature and amount of ventilation are the main variables which affect the composition of fire effluent, and hence the amount and rate of smoke release.

Il est impératif de montrer que les conditions d'essai définies dans une méthode d'essai normalisée (modèle feu) sont en relation avec un feu réel, et en reproduisent le stade désiré. L'ISO a publié une classification générale des phases du feu dans l'ISO/TR 9122-1, comme indiqué dans le Tableau 1 ci-après. Les facteurs importants affectant la production de fumée sont la concentration en oxygène et l'éclairement/température.

#### 4.3 Méthode d'essai statique

Un essai statique de fumée est un essai dans lequel la fumée produite s'accumule dans la chambre d'essai. Une recirculation et une combustion secondaire des particules de fumée peuvent se produire. L'obscurcissement par la fumée peut être modifié par le dépôt, l'agglomération, l'agitation des particules de fumée et par la réduction progressive de la concentration de l'oxygène.

#### 4.4 Méthode d'essai dynamique

Un essai dynamique de fumée est un essai dans lequel un courant continu d'effluents du feu passe au travers du système de mesure sans recirculation. Dans ce type d'essai, les particules de fumée ne peuvent pas s'accumuler, elles sont dispersées dans le courant d'air contrôlé au travers de l'appareillage d'essai. Une diminution de la quantité de fumée peut se produire pendant un essai dynamique et peut entraîner la coagulation des particules et/ou leur dépôt sur des surfaces froides.

**Tableau 1 – Classification générale des feux suivant l'ISO/TR 9122-1**

| Stades de feu                                                                        |                                              | Volume d'oxygène <sup>a</sup><br>% | Rapport CO <sub>2</sub> /CO <sup>b</sup> | Température <sup>a</sup><br>°C | Irradiance <sup>c</sup><br>kW/m <sup>2</sup> |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------|
| Phase 1                                                                              | Décomposition sans flammes                   |                                    |                                          |                                |                                              |
|                                                                                      | a) Feu couvant (auto-entretenu)              | 21                                 | Ne s'applique pas                        | <100                           | Ne s'applique pas                            |
|                                                                                      | b) Sans flammes (par oxydation)              | 5 à 21                             | Ne s'applique pas                        | <500                           | < 25                                         |
|                                                                                      | c) Sans flammes (par pyrolyse)               | <5                                 | Ne s'applique pas                        | <1 000                         | Ne s'applique pas                            |
| Phase 2                                                                              | Feu en cours de développement (avec flammes) | 10 à 15                            | 100 à 200                                | 400 à 600                      | 20 à 40                                      |
| Phase 3                                                                              | Feu pleinement développé (avec flammes)      |                                    |                                          |                                |                                              |
|                                                                                      | a) Ventilation relativement faible           | 1 à 5                              | <10                                      | 600 à 900                      | 40 à 70                                      |
|                                                                                      | b) Ventilation relativement forte            | 5 à 10                             | <100                                     | 600 à 1 200                    | 50 à 150                                     |
| <sup>a</sup> Situation générale de l'environnement (moyenne) à l'intérieur du local. |                                              |                                    |                                          |                                |                                              |
| <sup>b</sup> Valeur moyenne dans la "plume" de feu près du feu.                      |                                              |                                    |                                          |                                |                                              |
| <sup>c</sup> Irradiance incidente sur l'éprouvette d'essai (moyenne).                |                                              |                                    |                                          |                                |                                              |

## 5 Types d'éprouvettes

L'éprouvette peut être un produit manufacturé, un composant d'un produit, un produit simulé (représentant une partie d'un produit manufacturé), un matériau de base (solide ou liquide) ou un composite de plusieurs matériaux.

It is critical to show that the test conditions defined in a standardised test method (the fire model) are relevant to, and replicate the desired stage of a real fire. ISO has published a general classification of fire stages in ISO/TR 9122-1, shown as Table 1. The important factors affecting smoke production are oxygen concentration and irradiance/temperature.

#### 4.3 Static test method

A static smoke test is one in which the smoke generated is allowed to accumulate within the test chamber. Some re-circulation and secondary combustion of smoke particles may occur. The smoke obscuration may be affected by deposition, agglomeration, stirring and progressive oxygen depletion.

#### 4.4 Dynamic test method

A dynamic smoke test is one in which there is a continuous flow of fire effluent through the measuring device without re-circulation. In this test, the smoke particles generated are not allowed to accumulate and are dispersed in the controlled air flow through the test apparatus. Decay of the smoke can occur in a dynamic test, and may involve coagulation of particles and/or their deposition on cooling.

**Table 1 – General classification of fires according to ISO/TR 9122-1**

| Stages of fire                                                                                                                                                                                       |                                  | Oxygen <sup>a</sup><br>% | Ratio<br>CO <sub>2</sub> /CO <sup>b</sup> | Temperature <sup>a</sup><br>°C | Irradiance <sup>c</sup><br>kW/m <sup>2</sup> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------|
| Stage 1                                                                                                                                                                                              | Non-flaming decomposition        |                          |                                           |                                |                                              |
|                                                                                                                                                                                                      | a) Smouldering (self-sustaining) | 21                       | Not applicable                            | <100                           | Not applicable                               |
|                                                                                                                                                                                                      | b) Non-flaming (oxidative)       | 5 to 21                  | Not applicable                            | <500                           | < 25                                         |
|                                                                                                                                                                                                      | c) Non-flaming (pyrolytic)       | <5                       | Not applicable                            | <1 000                         | Not applicable                               |
| Stage 2                                                                                                                                                                                              | Developing fire (flaming)        | 10 to 15                 | 100 to 200                                | 400 to 600                     | 20 to 40                                     |
| Stage 3                                                                                                                                                                                              | Fully developed fire (flaming)   |                          |                                           |                                |                                              |
|                                                                                                                                                                                                      | a) Relatively low ventilation    | 1 to 5                   | <10                                       | 600 to 900                     | 40 to 70                                     |
|                                                                                                                                                                                                      | b) Relatively high ventilation   | 5 to 10                  | <100                                      | 600 to 1 200                   | 50 to 150                                    |
| <sup>a</sup> General environmental condition (average) within compartment.<br><sup>b</sup> Mean value in fire plume near to fire.<br><sup>c</sup> Incident irradiance on to test specimen (average). |                                  |                          |                                           |                                |                                              |

## 5 Types of test specimen

The test specimen may be a manufactured product, a component of a product, a simulated product (representative of a portion of a manufactured product), a basic material (solid or liquid), or a composite of materials.

## 6 Méthodes d'essais statiques publiées

### 6.1 Général

Les méthodes d'essais statiques résumées dans cet article ont été sélectionnées parce qu'elles sont normalisées au niveau international, national ou sont employées dans l'industrie, et parce qu'elles sont habituellement utilisées dans le domaine de l'électrotechnique. Il n'est pas prévu de résumer toutes les méthodes d'essais possibles.

NOTE Ces résumés donnent une brève description des méthodes d'essais, et il convient de ne pas les utiliser en lieu et place des normes complètes telles qu'elles sont publiées.

### 6.2 Détermination de l'opacité de la fumée dans une chambre NBS

#### 6.2.1 Résumé

##### 6.2.1.1 But et principe

Cet essai est utilisé pour évaluer l'opacité de la fumée produite par une éprouvette de matériau exposée verticalement à un rayonnement thermique spécifié, avec ou sans flamme pilote, dans une chambre fermée d'un volume de 0,51 m<sup>3</sup>. Le flux lumineux qui traverse la fumée est mesuré et enregistré en continu.

##### 6.2.1.2 Eprouvette

L'éprouvette est une plaque de 76,2 mm × 76,2 mm, et d'épaisseur maximale 25,4 mm.

##### 6.2.1.3 Méthode

La méthode utilise une source d'énergie rayonnante électrique installée de façon à produire un flux thermique de 25 kW/m<sup>2</sup> sur l'éprouvette montée verticalement. Deux types d'essai sont communément utilisés

- a) essai sans flammes, essai où seule la source d'énergie rayonnante est utilisée, ou
- b) essai avec flammes pilotes, essai pour lequel un petit brûleur est utilisé en plus de la source d'énergie rayonnante. Ce brûleur produit une rangée de flammes pilotes le long du côté inférieur de l'éprouvette, qui allume les produits de la combustion.

Un dispositif photométrique utilisant une lumière blanche polychromatique, avec un flux lumineux vertical, est employé pour mesurer les variations de la transmission lumineuse pendant l'essai.

Les résultats sont exprimés en termes de densité optique spécifique,  $D_s$ , calculée à l'aide de la formule suivante:

$$D_s = (V/AL) \log_{10} (I/I)$$

où

$V$  est le volume de la fumée (c'est-à-dire le volume de la chambre);

$A$  est l'aire de la surface exposée de l'éprouvette;

$L$  est la longueur du faisceau lumineux utilisé pour mesurer la fumée;

$I$  est le flux lumineux incident;

$T$  est le flux lumineux transmis.

## 6 Published static test methods

### 6.1 General

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

NOTE These summaries are intended as a brief outline of the test methods, and should not be used in place of full published standards.

### 6.2 Determination of smoke opacity in an NBS chamber

#### 6.2.1 Summary

##### 6.2.1.1 Purpose and principle

This test is used to assess the opacity of the smoke generated by a vertically oriented test specimen of material exposed to a specified thermal irradiance, with or without pilot flames, in a closed chamber 0,51 m<sup>3</sup> in volume. The luminous flux through the smoke is continuously recorded.

##### 6.2.1.2 Test specimen

The test specimen is a flat piece 76,2 mm × 76,2 mm, with a maximum thickness of 25,4 mm.

##### 6.2.1.3 Method

The method employs an electrical radiant energy source mounted so as to produce a heat flux of 25 kW/m<sup>2</sup> on a vertically mounted test specimen. Two modes of test are commonly used:

- a) non-flaming, where only the radiant energy source is used, or
- b) flaming, where a small burner is used in addition to the radiant energy source. This burner produces a row of pilot flames along the lower edge of the test specimen, which ignite any combustion products.

A photometric system using polychromatic white light, with a vertical light path is used to measure the variation in light transmission during the test.

Results are expressed in terms of specific optical density,  $D_s$ , which is calculated using the following equation:

$$D_s = (V/AL) \log_{10} (I/T)$$

where

$V$  is the volume of smoke (i.e. the volume of the chamber);

$A$  is the exposed surface area of the test specimen;

$L$  is the path length of the light used to measure the smoke;

$I$  is the incident luminous flux;

$T$  is the transmitted luminous flux.

$D_s$  est relatif à l'aire d'extinction de la fumée (S) par la formule:

$$D_s = S / [A \times \ln(10)]$$

c'est-à-dire

$$D_s = S / [2,303 \times A]$$

où S est la surface d'extinction de la fumée.

#### 6.2.1.4 Répétabilité et reproductibilité

La répétabilité et la reproductibilité ont été déterminées par un essai interlaboratoire basé sur les normes françaises NF C20-902-1 et NF C20-902-2.

Les résultats, présentés en conformité avec l'ISO 5725-2, sont donnés à l'Annexe A.

#### 6.2.2 Relations entre les résultats d'essai et les observations particulières

Les méthodes d'essais basées sur l'utilisation de la chambre à fumée NBS ont été largement utilisées dans le monde entier depuis 1970 environ, avec pour objet initial l'évaluation des matériaux. Cependant, ces méthodes sont maintenant largement remplacées par celles de l'ISO 5659-2 (voir 6.3) qui évitent les quelques limitations importantes suivantes de la méthode NBS:

- a) le flux thermique est relativement faible et la quantité d'air disponible limitée, ce qui signifie que la méthode est seulement capable de reproduire les conditions correspondant à la phase 1 b) et, éventuellement, à la phase 2 de l'ISO/TR 9122-1 ;
- b) l'éprouvette est petite, montée verticalement, et doit être plate, ce qui limite l'application de la méthode à la seule évaluation des matériaux et exclut les liquides et certains matériaux thermoplastiques. Les éprouvettes qui se boursouflent du côté du four occasionnent également des difficultés du fait que le flux thermique reçu par l'éprouvette augmente significativement et que les flammes pilotes peuvent être éteintes, ce qui rend le résultat de l'essai inutilisable ;
- c) les limitations du faible flux thermique et la géométrie de l'éprouvette signifient qu'il est difficile d'établir une relation entre les résultats des essais effectués dans la chambre NBS et les autres scénarios feu.

D'autres limitations pour les méthodes basées sur la chambre NBS sont celles qui suivent:

- d) il n'y a pas ou peu de corrélation entre les résultats provenant de cet essai et les risques dus aux produits dans des incendies ou dans des essais au feu en vraie grandeur ;
- e) il n'y a pas de moyen de contrôler la masse pendant l'essai ;
- f) l'arrivée d'air est limitée et l'éprouvette cesse de brûler si la concentration en oxygène devient inférieure à environ 14 % ;
- g) le dépôt de fumée sur les parois est important ;
- h) la répétabilité et la reproductibilité ont été étudiées de nombreuses fois, elles varient peu (voir l'Annexe A) et dépendent de la nature des matériaux essayés. Les matériaux qui fluent beaucoup à chaud, ceux qui se boursouflent de façon excessive ou ceux dont l'allumabilité n'est pas reproductible donnent les résultats les moins fiables.

La méthode offre cependant une option utile pour évaluer la production de fumée pendant une combustion avec ou sans flamme, bien que l'essai soit réalisé sous un faible flux thermique.

Il n'est pas souhaitable d'utiliser les résultats obtenus pour évaluer des risques du feu ou pour les études de sécurité au feu.

$D_s$  is related to the extinction area of the smoke ( $S$ ) by the equation:

$$D_s = S / [A \times \ln(10)]$$

i.e.

$$D_s = S / [2,303 \times A]$$

where  $S$  is the extinction area of smoke.

#### 6.2.1.4 Repeatability and reproducibility

Repeatability and reproducibility have been determined in an interlaboratory trial, based on the French standards NF C20-902-1 and NF C20-902-2.

The results, presented in accordance with ISO 5725-2, are given in Annex A.

#### 6.2.2 Relevance of test data and special observations

Test methods based on the NBS smoke chamber have been in worldwide use since about 1970, primarily for material evaluation purposes. However, these methods have now been largely superseded by ISO 5659-2 (see 6.3), which overcomes some of the following significant limitations of the NBS method:

- a) the heat flux is relatively low, and the air supply limited, which means that the method is only able to replicate conditions found in ISO/TR 9122-1 fire stages 1 b) and, possibly, 2;
- b) the test specimen is small, vertically mounted and is essentially flat, which limits the scope of the method to the evaluation of materials only, and excludes liquids and some thermoplastics. Test specimens which swell towards the furnace also give problems, as the incident heat flux experienced by the front of the test specimen increases significantly, and the pilot flames can be extinguished, rendering the test invalid;
- c) the limitations of the low heat flux and test specimen geometry mean that it is difficult to establish a link between data from the NBS chamber and other fire scenarios.

Further limitations of methods based on the NBS smoke chamber include the following:

- d) there is little or no correlation between data from this test, and the behaviour of products in fires or real-scale fire tests;
- e) there are no means of monitoring test specimen mass during the test;
- f) the air supply is limited and the test specimen ceases to burn if the oxygen concentration falls below approximately 14 %;
- g) the deposition of smoke on the walls is significant;
- h) the repeatability and reproducibility of the method have been studied several times and found to be very poor (see Annex A), and dependent on the nature of the material under test. Materials with high flow, excessive swelling or irreproducible ignitability produce less reliable results.

The method does however offer the useful option to evaluate smoke production from both flaming and non-flaming combustion, albeit at a low heat flux.

The data generated are not suitable for use as input to fire hazard assessment or for fire safety engineering.

En général, cette méthode n'est pas recommandée pour de nouvelles études de produits électrotechniques. De même, il n'est pas recommandé de se baser sur cette méthode pour la réglementation ou pour d'autres contrôles de la fumée émise par les produits électrotechniques du fait des limitations dues à la géométrie des éprouvettes et au modèle feu utilisé.

### 6.2.3 Références bibliographiques

Normes internationales: [1]\* et [2]

Normes industrielles et nationales: [3] à [6]

## 6.3 Détermination de l'opacité des fumées par un essai en enceinte unique

### 6.3.1 Résumé

#### 6.3.1.1 But et principe

Cet essai est utilisé pour évaluer l'opacité de la fumée générée à partir d'une éprouvette d'essai d'un matériau placée horizontalement, exposée à un rayonnement thermique spécifié avec ou sans flamme pilote, dans une chambre fermée ayant un volume de 0,51 m<sup>3</sup>. Le flux lumineux traversant la fumée est mesuré et enregistré en continu.

NOTE Cette méthode utilise un appareillage identique à celui décrit en 6.2, à l'exception des modifications de la source de rayonnement thermique et de l'orientation de l'éprouvette.

#### 6.3.1.2 Eprouvette

L'éprouvette est une plaque de 75 mm × 75 mm et d'épaisseur maximale 25 mm.

#### 6.3.1.3 Méthode

La méthode utilise l'énergie radiante d'un cône chauffé électriquement ; les éprouvettes montées horizontalement sont exposées à un flux incident de 25 kW/m<sup>2</sup> ou 50 kW/m<sup>2</sup>. La source de chaleur est constituée par un bobinage électrique contenu dans un cône tronqué en acier. Le mode d'exposition peut être avec flammes ou sans flammes dépendant de l'utilisation ou non de flammes pilotes d'un petit brûleur à gaz.

La chambre d'essai est une enceinte close, de volume 0,51 m<sup>3</sup>, l'opacité de la fumée est évaluée au moyen d'un système photométrique muni d'un faisceau de lumière blanche traversant verticalement la chambre. Le photodétecteur mesure la diminution de la lumière transmise due à l'accumulation de fumée.

Les éprouvettes sont placées horizontalement sous le radiateur conique avec une distance de 25 mm entre la surface de l'éprouvette et le bord inférieur du radiateur. Pour les éprouvettes qui deviennent intumescents lorsqu'elles sont exposées au radiateur conique, il convient que la distance soit augmentée jusqu'à 50 mm. Le flux thermique appliqué à l'éprouvette est étalonné, avant les essais, pour la distance utilisée.

Les mesures de transmission de lumière sont utilisées pour déterminer la densité optique spécifique de la fumée.

En option, la perte de masse de l'éprouvette peut aussi être enregistrée en continu pendant l'essai au moyen d'une cellule de pesage placée sous l'éprouvette. Si une cellule de pesage est utilisée, la densité optique massique peut également être déterminée.

\* Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

Overall, this method is not recommended for further development for electrotechnical products. Neither is it recommended as the basis for regulation or other controls on smoke release for electrotechnical products, due to the limitations on the fire model and test specimen geometry.

### 6.2.3 Bibliographic references

International standards: [1]\* and [2]

National and industry standards: [3] to [6]

## 6.3 Determination of smoke opacity by a single-chamber test

### 6.3.1 Summary

#### 6.3.1.1 Purpose and principle

This test is used to assess the opacity of the smoke generated by a horizontally oriented test specimen of material exposed to a specified thermal irradiance, with or without a pilot flame, in a closed chamber 0,51 m<sup>3</sup> in volume. The luminous flux through the smoke is continuously measured and recorded.

NOTE This method uses essentially the same apparatus as described in 6.2, with the exception of modifications to the source of thermal irradiance and test specimen orientation.

#### 6.3.1.2 Test specimen

The test specimen is a flat piece 75 mm × 75 mm with a maximum thickness of 25 mm.

#### 6.3.1.3 Method

This test method employs an electrically heated conical radiant energy source to expose horizontally mounted test specimens to an incident flux of 25 kW/m<sup>2</sup> or 50 kW/m<sup>2</sup>. The heat source consists of electrical windings contained within a truncated steel cone. The exposure can be in flaming mode or in non-flaming mode, depending on whether or not a pilot flame, consisting of a small gas burner, is used.

The test chamber is a closed chamber, 0,51 m<sup>3</sup> in volume, and the smoke opacity is assessed by means of a photometric system, with a white light shining vertically through the chamber. The photodetector measures the decrease in light transmission due to the accumulation of smoke.

Test specimens are placed horizontally under the conical radiant heater with a distance of 25 mm between the surface of the test specimen and the lower edge of the heater. For test specimens which intumesce when exposed to the conical radiant heater, the distance should be increased to 50 mm. The heat flux applied to the test specimen is calibrated prior to the tests, for the distance used.

The light transmission measurements are used to determine a specific optical density of the smoke.

Optionally, the test specimen mass loss can also be monitored continuously during the test, by means of a load cell located under the test specimen. If the load cell is used, the mass optical density can also be determined.

---

\* Figures in square brackets refer to the bibliography.

Les résultats sont exprimés, 10 min après le début de l'essai, en termes de densité optique spécifique,  $D_s 10$ , qui est calculée en utilisant la formule suivante:

$$D_s 10 = (V/AL) \log_{10} (100/T_{10})$$

où

$V$  est le volume de la fumée (c'est-à-dire le volume de la chambre);

$A$  est l'aire de la surface exposée de l'éprouvette;

$L$  est la longueur du faisceau lumineux utilisé pour mesurer la fumée;

$T_{10}$  est la transmittance en pourcentage après 10 min;

La formule suivante relie  $D_s 10$  à l'aire d'extinction de la fumée produite après 10 min,  $S_{(t=10 \text{ min})}$ , par l'équation suivante :

$$D_s 10 = S_{(t=10 \text{ min})} / [A \times \ln(10)], \text{ soit}$$

$$D_s 10 = S_{(t=10 \text{ min})} / [2,303 \times A]$$

Les résultats peuvent être également exprimés en termes de densité optique massique,  $D_{\text{masse}}$ , en utilisant l'équation suivante:

$$D_{\text{masse}} = [ (V/L) \log_{10} (100/T) ] / \Delta m$$

où

$T$  est la transmittance en pourcentage;

$\Delta m$  est la masse consommée.

La relation entre  $D_{\text{masse}}$  et l'aire d'extinction de la fumée est donnée par ce qui suit:

$$S = D_{\text{masse}} \Delta m \ln(10) \approx 2,303 D_{\text{masse}} \Delta m$$

#### 6.3.1.4 Répétabilité et reproductibilité

Un essai interlaboratoire réunissant huit laboratoires a été effectué pendant la préparation de l'ISO 5659-2. Les résultats, présentés selon l'ISO 5725-2, sont donnés au Tableau B.1.

Un essai interlaboratoire supplémentaire réunissant dix laboratoires a été effectué pour deux matières plastiques intumescentes (polycarbonate et revêtement de sol en PVC) en utilisant la distance de 50 mm entre l'éprouvette et le radiateur, pendant une révision de l'ISO 5659-2. Les résultats, présentés selon l'ISO 5725-2, sont donnés au Tableau B.2 et au Tableau B.3.

#### 6.3.2 Relations entre les résultats d'essai et les observations particulières

Cette méthode est basée sur la chambre à fumée NBS (voir 6.2) et incorpore de nombreuses améliorations utiles:

- a) l'éprouvette est orientée horizontalement, ce qui permet d'essayer des thermoplastiques. Avec les nouveaux développements, cette méthode peut convenir pour les liquides. Cependant, cette méthode reste uniquement utilisable pour des éprouvettes plates. Les éprouvettes qui se boursouflent se déplaceront vers la source de chaleur et seront sujettes à des flux thermiques non normalisés ;
- b) le flux thermique maximal est augmenté jusqu'à 50 kW/m<sup>2</sup>, ce qui signifie que la méthode est susceptible de répliquer un feu de phase 3a) selon l'ISO/TR 9122-1, en plus des phases 1b) et 2. Ce flux thermique est aussi susceptible de fournir une plus grande discrimination entre des matériaux comportant des retardateurs de flamme ;

Results are expressed in terms of specific optical density 10 min after the start of the test,  $D_s 10$ , which is calculated using the following equation:

$$D_s 10 = (V/AL) \log_{10} (100/T_{10})$$

where

- $V$  is the volume of smoke (i.e. the volume of the chamber);
- $A$  is the exposed surface area of the test specimen;
- $L$  is the path length of the light used to measure the smoke;
- $T_{10}$  is the percentage transmittance after 10 min;

$D_s 10$  is related to the extinction area of the smoke produced after 10 min,  $S_{(t=10 \text{ min})}$ , by the equation

$$D_s 10 = S_{(t=10 \text{ min})} / [A \times \ln(10)], \text{ i.e.}$$

$$D_s 10 = S_{(t=10 \text{ min})} / [2,303 \times A]$$

Results can also be expressed in terms of mass optical density,  $D_{\text{mass}}$ , by the equation

$$D_{\text{mass}} = [(V/L) \log_{10} (100/T)] / \Delta m$$

where

- $T$  is the percentage transmittance;
- $\Delta m$  is the mass consumed.

The relationship between  $D_{\text{mass}}$  and the extinction area of the smoke is given by:

$$S = D_{\text{mass}} \Delta m \ln(10) = 2,303 D_{\text{mass}} \Delta m$$

#### 6.3.1.4 Repeatability and reproducibility

An interlaboratory trial involving eight laboratories has been carried out during the development of ISO 5659-2. The results, presented in accordance with ISO 5725-2, are given in Table B.1.

An additional interlaboratory trial involving ten laboratories has been carried out for two intumescent plastics (polycarbonate and PVC flooring) using the test specimen-heater distance of 50 mm, during a revision of ISO 5659-2. The results, presented in accordance with ISO 5725-2, are given Table B.2 and Table B.3.

#### 6.3.2 Relevance of test data and special observations

This method is based on the NBS smoke chamber method (see 6.2) and incorporates many useful enhancements:

- a) the test specimen is horizontally oriented, which allows for the evaluation of thermoplastics. With further development this method may be suitable for liquids. However, the method is still only suitable for essentially flat test specimens. Test specimens which swell will still move towards the heat source and experience non-standard heat fluxes;
- b) the maximum heat flux is increased to 50 kW/m<sup>2</sup>, which means that the method can replicate ISO/TR 9122-1 fire stage 3a), in addition to stages 1b) and 2. This heat flux can also provide a greater discrimination between flame retardant materials;

- c) si la perte de masse est enregistrée, celle-ci peut être utilisée pour l'évaluation du risque ou pour calculer la densité optique massique. Les résultats obtenus peuvent convenir comme base pour l'évaluation des risques du feu ou pour les études de sécurité au feu ;
- d) une méthode d'essai pour les matériaux intumescent est ajoutée.

La répétabilité et la reproductibilité de la méthode sont très variables et dépendent de la nature des matériaux essayés. En particulier, la production de fumée dépend essentiellement et d'une façon critique du comportement à l'allumage du matériau à l'essai.

Cette méthode est utilisée comme base pour les contrôles de surveillance par l'OMI (Organisation Maritime Internationale). Elle n'est pas recommandée comme base de contrôle de surveillance pour les produits électrotechniques, à moins que le produit électrotechnique à essayer ne tombe dans les limitations de la géométrie des éprouvettes.

### 6.3.3 Référence bibliographique

Norme internationale: [7]

## 6.4 Détermination de la densité de fumées dans une chambre à fumée de «trois mètres au cube»

### 6.4.1 Résumé

#### 6.4.1.1 But et principe

Cet essai est utilisé pour évaluer la densité de fumée produite dans une chambre d'essai fermée par des matériaux ou des produits exposés à une source de combustion avec flamme. Le flux lumineux traversant la fumée est mesuré et enregistré en continu.

#### 6.4.1.2 Eprouvette

L'éprouvette est constituée de matériaux ou de produits disposés horizontalement au-dessus de la source d'allumage.

#### 6.4.1.3 Méthode

La méthode d'essai utilise un bac contenant de l'alcool à brûler (1 l) comme source de la flamme sous l'éprouvette, dans une chambre close d'un volume de 27 m<sup>3</sup>. La densité des fumées est mesurée au moyen d'un système photométrique utilisant une lumière blanche qui traverse horizontalement la chambre à une hauteur de 2,15 m. Le photodétecteur mesure la diminution de lumière transmise due à l'accumulation de la fumée. Les mesures de lumière transmise sont utilisées pour évaluer l'obscurcissement maximal obtenu pendant l'essai. Un ventilateur est utilisé pendant l'essai pour homogénéiser la fumée et minimiser l'effet de stratification.

Dans certaines normes, les valeurs de transmittance en pourcentage (%  $T$ ) sont enregistrées en utilisant la formule suivante:

$$\% T = 100 (T/I)$$

où

$I$  est le flux lumineux incident;

$T$  est le flux lumineux transmis.

Dans certaines normes conçues à l'origine pour les câbles, les valeurs de densité optique (appelées  $A_m$ ) sont calculées avec l'équation qui suit:

$$A_m = \log_{10} (I/T)$$

NOTE  $A_m$  est aussi incorrectement appelé «absorbance» dans certaines normes.

- c) if mass loss rate data are recorded, they may be suitable for use as input to hazard assessment, or to calculate mass optical density. The data generated may be suitable for use as input to fire hazard assessment or fire safety engineering;
- d) a test method for intumescent materials is added.

The repeatability and reproducibility of the method have been found to be very variable, and dependent on the nature of the material under test. In particular, smoke generation is critically dependent on the ignition behaviour of the material under test.

This method is used as the basis for regulatory control by the IMO (International Maritime Organisation). It is not recommended as the basis for the regulatory control of electrotechnical products, unless the electrotechnical product to be tested falls within the limitations on test specimen geometry.

### 6.3.3 Bibliographic reference

International standard: [7]

## 6.4 Determination of smoke density in a “three metre cube” smoke chamber

### 6.4.1 Summary

#### 6.4.1.1 Purpose and principle

This test is used to assess the density of smoke generated by materials or products exposed to a combustion source with flame in a closed chamber. The luminous flux through the smoke is continuously measured and recorded.

#### 6.4.1.2 Test specimen

The test specimen consists of horizontally oriented materials or products, positioned above the ignition source.

#### 6.4.1.3 Method

The test method employs a pan of burning alcohol (1 l) as the flame source under the test specimen, within a closed chamber, 27 m<sup>3</sup> in volume. The smoke density is measured by means of a photometric system, using a white light, shining horizontally across the chamber, at a height of 2,15 m. The photodetector measures the decrease in light transmission due to the accumulation of smoke. The light transmission measurements are used to assess the maximum obscuration achieved during the test. A fan is used throughout the test to homogenize the smoke and minimize stratification.

In some standards, percentage transmittance (%  $T$ ) values are recorded, using the following formula:

$$\% T = 100 (T/I)$$

where

$I$  is the incident luminous flux;

$T$  is the transmitted luminous flux.

In some standards, primarily for cables, optical density values (referred to as  $A_m$ ) are calculated using the following formula:

$$A_m = \log_{10} (I/T)$$

NOTE  $A_m$  is also incorrectly known in some standards as absorbance.

et les résultats sont reportés en fonction du paramètre  $A_o$  avec

$$A_o = A_m V / nL$$

où

$V$  est le volume de la chambre (27 m<sup>3</sup>);

$L$  est la longueur du faisceau lumineux (3 m);

$n$  est le nombre d'échantillons d'essai.

L'aire d'extinction de la fumée ( $S$ ) peut être calculée à partir de  $A_m$  ou  $A_o$  avec ce qui suit :

$$S = A_m V \ln (10) / L = 2,303 V / L$$

$$S = A_o n \ln (10) = 2,303 A_o n$$

#### 6.4.1.4 Répétabilité et reproductibilité

La répétabilité et la reproductibilité ont été déterminées en effectuant un essai interlaboratoire basé sur la CEI 61034-1.

Les résultats, présentés selon l'ISO 5725-2, sont donnés à l'Annexe C.

#### 6.4.2 Relations entre les résultats d'essai et les observations particulières

La méthode a été développée à l'origine pour évaluer le dégagement de fumée produit par les câbles et les autres produits utilisés dans les réseaux de transports souterrains. Les paramètres du scénario feu (géométrie de la chambre d'essai, source de feu et position de l'éprouvette) ont été choisis en tenant compte de cette utilisation. La méthode est apte à reproduire les conditions d'un feu de la phase 2 selon l'ISO/TR 9122-1.

Les éprouvettes sont autosupportées et sont maintenues en position pendant toute la durée de l'essai.

Le dispositif optique utilisé est tel que la méthode ne permet pas de différencier des produits dégageant une quantité de fumée dont la transmission lumineuse à travers la chambre est inférieure à 10 %. Les résultats obtenus ne peuvent pas être utilisés tels quels pour évaluer quantitativement les risques du feu ou pour les études de sécurité mais peuvent convenir à d'autres procédures.

Dans certains pays, cette méthode est utilisée comme base pour les contrôles de surveillance.

Cette méthode convient pour d'autres développements applicables à des produits électrotechniques, en s'assurant que le modèle feu est approprié et que les limitations concernant la géométrie de l'éprouvette ainsi que les possibilités de discrimination entre les matériaux sont acceptables.

#### 6.4.3 Références bibliographiques

Normes internationales: [8] à [10]

Normes nationales: [11] à [15]

and results are reported in terms of a parameter  $A_0$ :

$$A_0 = A_m V/nL$$

where

$V$  is the volume of the chamber (27 m<sup>3</sup>);

$L$  is the light path length (3 m);

$n$  is the number of units of test specimen.

The extinction area of the smoke ( $S$ ) can be calculated from  $A_m$  or  $A_0$  as follows:

$$S = A_m V \ln(10) / L = 2,303 V / L$$

$$S = A_0 n \ln(10) = 2,303 A_0 n$$

#### 6.4.1.4 Repeatability and reproducibility

Repeatability and reproducibility have been determined in an interlaboratory trial, based on IEC 61034-1.

The results, presented in accordance with ISO 5725-2, are given in Annex C.

#### 6.4.2 Relevance of test data and special observations

This method was originally developed as the basis for the evaluation of smoke release from cables and other underground railway products. The fire scenario parameters (test chamber geometry, fire source and test specimen positioning) have been designed to be relevant to underground railways. The method is able to replicate the conditions of ISO/TR 9122-1, fire stage 2.

Test specimens are self-supporting and remain in the test position throughout the test.

The optical system used is such that the method cannot discriminate between products with a smoke release which results in a light transmission through the chamber of less than 10 %. The data, as presented, are not suitable for use as direct input to quantitative fire hazard assessment or fire safety engineering, but with further processing may be suitable.

In some countries, this method is used as the basis for regulatory control.

This method is suitable for further development for other electrotechnical products, providing that the fire model is appropriate, and that the limitations on test specimen geometry and discrimination are acceptable.

#### 6.4.3 Bibliographic references

International standards: [8] to [10]

National standards: [11] to [15]

## **6.5 Détermination de la densité optique spécifique avec un dispositif d'essai à chambre double**

### **6.5.1 Résumé**

#### **6.5.1.1 But et principe**

Cet essai est utilisé pour évaluer l'opacité de la fumée dégagée par des matériaux ou des produits soumis à un rayonnement thermique spécifié dans une chambre double fermée.

#### **6.5.1.2 Epreuve**

L'éprouvette mesure 165 mm × 165 mm et l'épaisseur maximale est de 70 mm.

#### **6.5.1.3 Méthode**

Les éprouvettes sont montées horizontalement dans une chambre de décomposition et sont exposées à un rayonnement thermique atteignant 60 kW/m<sup>2</sup>. La fumée produite est recueillie dans une seconde chambre et l'opacité est mesurée.

#### **6.5.1.4 Répétabilité et reproductibilité**

Il n'existe pas de résultat disponible.

### **6.5.2 Relations entre les résultats d'essai et les observations particulières**

Cette méthode est maintenant peu utilisée, elle a été remplacée par l'ISO 5659-2 et est considérée comme obsolète.

Elle n'est pas recommandée pour de futurs développements.

### **6.5.3 Référence bibliographique**

Rapport technique international: [16]

## **7 Méthodes d'essais dynamiques publiées**

### **7.1 Général**

Les méthodes d'essais passées en revue dans cet article ont été sélectionnées par le fait qu'elles sont publiées au niveau international, national ou en tant que norme industrielle, et sont couramment utilisées dans le domaine de l'électrotechnique. L'intention n'est pas de passer en revue toutes les méthodes d'essais possibles.

NOTE Ces résumés donnent une brève description des méthodes d'essais, et il convient de ne pas les utiliser en lieu et place des normes complètes telles qu'elles sont publiées.

### **7.2 Détermination de la densité de la fumée dégagée par des câbles électriques montés sur une échelle horizontale**

#### **7.2.1 Résumé**

##### **7.2.1.1 But et principe**

Cet essai est utilisé pour évaluer l'obscurecissement par la fumée générée par les câbles dans un conduit horizontal avec aspiration.

## **6.5 Determination of specific optical density using a dual-chamber test**

### **6.5.1 Summary**

#### **6.5.1.1 Purpose and principle**

This test is used to assess the opacity of smoke generated by materials or products subjected to a specified thermal irradiance in a closed dual chamber.

#### **6.5.1.2 Test specimen**

The test specimen measures 165 mm × 165 mm and has a maximum thickness of 70 mm.

#### **6.5.1.3 Method**

The test specimens are mounted horizontally in a decomposition chamber and exposed to a thermal irradiance of up to 60 kW/m<sup>2</sup>. The smoke generated is collected in a second chamber and the opacity is measured.

#### **6.5.1.4 Repeatability and reproducibility**

No data are available.

### **6.5.2 Relevance of test data and special observations**

This method is now little used, has essentially been superseded by ISO 5659-2, and is now regarded as obsolescent.

It is not recommended for further development.

### **6.5.3 Bibliographic reference**

International technical report: [16]

## **7 Published dynamic tests**

### **7.1 General**

The dynamic test methods reviewed in this clause have been selected on the basis that they are published international, national or industry standards, and are in common usage in the electrotechnical field. It is not intended to review all possible test methods.

NOTE These summaries are intended as a brief outline of the test methods and should not be used in place of full published standards.

### **7.2 Determination of smoke density generated by electric cables mounted on a horizontal ladder**

#### **7.2.1 Summary**

##### **7.2.1.1 Purpose and principle**

This test is used to assess the smoke obscuration generated by cables in a horizontal tunnel with induced draught.

### 7.2.1.2 Epreuve

Les éprouvettes sont constituées par des longueurs de câbles de 7,32 m installées en une seule couche sur les barreaux d'une échelle à câbles de 286 mm de large.

### 7.2.1.3 Méthode

Les éprouvettes sont exposées, à une extrémité de l'échelle à câbles, à une flamme de 300 000 BTU/h (87,9 kW) pendant 20 min, à l'intérieur d'un tunnel. Un courant d'air forcé est appliqué sans interruption d'une extrémité à l'autre du tunnel depuis la source d'allumage. Pendant l'essai, on mesure la densité optique maximale et moyenne de la fumée à l'extrémité opposée du tunnel en utilisant une cellule photoélectrique.

### 7.2.1.4 Répétabilité et reproductibilité

Un essai interlaboratoire réunissant cinq laboratoires a été effectué pour évaluer la NFPA 262. Les résultats sont donnés à l'Annexe D.

## 7.2 Relations entre les résultats d'essai et les observations particulières

Cette méthode est utilisée pour simuler un scénario feu spécifique mettant en jeu le mouvement de l'air ambiant avec de sévères conditions de source feu et de ventilation.

Cette méthode permet de reproduire la phase 3b) de l'ISO/TR 9122-1.

Cette méthode est utilisée pour fournir des résultats pour les contrôles de surveillance de certains types de câbles dans certains pays.

## 7.2.3 Références bibliographiques

Normes nationales et industrielles: [17] à [20]

## 7.3 Détermination de la fumée générée par des câbles électriques montés sur une échelle verticale

### 7.3.1 Résumé

#### 7.3.1.1 But et principe

Les câbles sont montés sur une échelle verticale qui est enfermée dans une chambre dont la ventilation est contrôlée. L'obscurcissement par la fumée est mesuré; la vitesse de dégagement et la quantité totale de la fumée dégagée sont calculées. En option, la perte de masse peut aussi être mesurée.

#### 7.3.1.2 Eprouvettes

Les câbles sont montés sur une échelle dans plusieurs configurations dépendant du protocole spécifié.

#### 7.3.1.3 Méthode

L'échelle supportant les câbles est attachée verticalement à l'intérieur de l'enceinte comportant, en option, une cellule de pesage.

Le ou les câbles sont exposés à une flamme de 20 kW pendant 20 min. L'obscurcissement par la fumée est mesuré par une cellule photoélectrique située dans le conduit d'évacuation.

Une vitesse de dégagement de la fumée (SRR) est calculée en utilisant le coefficient d'extinction dans le conduit et le débit volumétrique.

### 7.2.1.2 Test specimen

Test specimens consist of cables in 7,32 m lengths installed in a single layer over the rungs of a cable ladder 286 mm wide.

### 7.2.1.3 Method

The test specimens are exposed, at one end of the ladder, to a 300 000 BTU/h (87,9 kW) flame for 20 min, inside a tunnel. A forced air flow is applied along the tunnel away from the ignition source. During the test, both the peak and average optical density of the smoke are measured at the opposite end of the tunnel using a photo cell.

### 7.2.1.4 Repeatability and reproducibility

An interlaboratory trial involving five laboratories has been carried out to evaluate NFPA 262. The results are given in Annex D.

## 7.2.2 Relevance of test data and special observations

This method is used to simulate a specific fire scenario involving movement of environmental air with severe fire source and ventilation conditions.

The method is able to replicate ISO/TR 9122-1, fire stage 3b).

This method is used to provide data for the regulatory control of some types of cables, in some countries.

## 7.2.3 Bibliographic references

National and industry standards: [17] to [20]

## 7.3 Determination of smoke generated by electrical cables mounted on a vertical ladder

### 7.3.1 Summary

#### 7.3.1.1 Purpose and principle

Cables are mounted on a vertical ladder, which is enclosed in a chamber with a controlled air flow. Smoke obscuration is measured, and smoke release rate and total smoke release are calculated. Optionally, mass loss may also be measured.

#### 7.3.1.2 Test specimens

Cables are mounted on a ladder in several configurations depending on the specified protocol.

#### 7.3.1.3 Method

The ladder containing the cables is mounted vertically inside the enclosure, and optionally on a load cell.

The cable(s) is (are) exposed to a 20 kW flame for 20 min. The smoke obscuration is measured by a photoelectric cell located in the exhaust duct.

A smoke release rate (SRR) is calculated using the extinction coefficient in the duct and the volumetric flow rate.

#### 7.3.1.4 Répétabilité et reproductibilité

Il n'existe pas de résultat disponible.

#### 7.3.2 Relations entre les résultats d'essai et les observations particulières

Ces méthodes sont des adaptations des essais normalisés de l'industrie du câble de mesure de la propagation de la flamme, avec l'adjonction d'une instrumentation dans le conduit d'évacuation de la fumée pour permettre une mesure dynamique sur la fumée.

Les éprouvettes sont linéaires, il convient qu'elles soient autoporteuses et normalement installées verticalement dans des conduits fermés.

Les conditions de ventilation et la source de feu sont telles que la méthode d'essai est capable de reproduire un feu de phase 2 selon l'ISO/TR 9122-1.

Cette méthode convient pour des études appliquées à des produits électrotechniques, pourvu que l'environnement de l'installation des produits soit approprié, que les limitations géométriques de l'éprouvette soient acceptables et que le modèle feu soit convenable.

Cette méthode est utilisée pour fournir des informations pour les contrôles de surveillance des câbles dit «à faible dégagement de fumée» aux Etats-Unis et au Canada.

#### 7.3.3 Références bibliographiques

Normes nationales et industrielles: [21] et [22]

#### 7.4 Détermination de la fumée en utilisant un cône calorimètre

##### 7.4.1 Résumé

##### 7.4.1.1 But et principe

Cette méthode est utilisée pour évaluer l'obscurcissement par la fumée dégagée par des éprouvettes exposées à un cône chauffant tronqué, sous de fortes conditions de ventilation. La fumée produite est extraite par un conduit dans lequel le coefficient d'extinction et le débit du flux volumique sont mesurés.

##### 7.4.1.2 Eprouvette

L'éprouvette est une plaque de 100 mm × 100 mm et d'épaisseur maximale 50 mm.

##### 7.4.1.3 Méthode

L'éprouvette est exposée à un flux thermique pouvant atteindre 100 kW/m<sup>2</sup> produit par un cône chauffant; les gaz de combustion sont allumés avec un allumage commandé.

Le cône calorimètre est une méthode qui permet d'essayer plusieurs paramètres simultanément. C'est une méthode de mesure dynamique de la fumée et elle utilise des éprouvettes orientées horizontalement. La fumée est aspirée depuis la zone de combustion dans un conduit à une vitesse de 24 dm<sup>3</sup>/s où elle est contrôlée au moyen d'un faisceau laser hélium/néon et d'un système de photodiode au silicium. La fumée est caractérisée par la surface d'extinction spécifique ( $\sigma_f$ ) qui est calculée à partir du coefficient d'extinction, de la vitesse du flux volumique et de la vitesse de perte de masse, en utilisant l'équation

$$\sigma_f = k \dot{V} / \dot{m}$$

#### 7.3.1.4 Repeatability and reproducibility

No data are available.

#### 7.3.2 Relevance of test data and special observations

These methods are adaptations of the standard cable industry tests for flame propagation, with instrumentation added to the exhaust duct to allow for the dynamic measurement of smoke.

Test specimens are linear, should be self-supporting and should normally be installed vertically in enclosed ducts.

The ventilation conditions and fire source are such that the test method is able to replicate ISO/TR 9122-1, fire stage 2.

This method is suitable for further development of electrotechnical products, providing that the installation environment of the products is appropriate, the limitations on the test specimen geometry is acceptable, and the fire model is suitable.

This method is used to provide data for the regulatory control of cables designated “low smoke” in the United States and Canada.

#### 7.3.3 Bibliographic references

National and industry standards: [21] and [22]

### 7.4 Determination of smoke using a cone calorimeter

#### 7.4.1 Summary

##### 7.4.1.1 Purpose and principle

This test is used to assess the smoke obscuration generated by test specimens exposed to a truncated cone heater, under conditions of high ventilation. The smoke produced is drawn through a duct where the extinction coefficient and volumetric flow rate are measured.

##### 7.4.1.2 Test specimen

The test specimen is a flat piece, 100 mm × 100 mm, with a maximum thickness of 50 mm.

##### 7.4.1.3 Method

The test specimen is exposed to a heat flux of up to 100 kW/m<sup>2</sup> from a conical heater and the combustion gases are ignited using a spark ignitor.

The cone calorimeter is a method which tests many parameters simultaneously. It measures smoke dynamically and uses horizontally oriented test specimens. The smoke is drawn from the burning area into a duct at a rate of 24 dm<sup>3</sup>/s where it is monitored using a helium neon laser and a twin silicon photo diode system. The smoke is reported as the specific extinction area ( $\sigma_f$ ) which is calculated from the extinction coefficient, the volume flow rate and the rate of mass loss, using the equation

$$\sigma_f = k \dot{V} / \dot{m}$$

où

$\dot{V}$  est la vitesse du flux volumique;

$\dot{m}$  est la vitesse de perte de masse;

$k$  est le coefficient d'extinction [= (1/L) ln (I / T)].

NOTE Il est important de réaliser que  $\sigma_f$  ne donne pas d'information sur la vitesse de production de fumée dans un incendie.

La vitesse de production de fumée est donnée par

$$\dot{S} = k \dot{V} = \sigma_f \dot{m}$$

La moyenne de la surface d'extinction spécifique ( $\sigma_{f \text{ moy}}$ ) est alors calculée comme suit:

$$\sigma_{f \text{ moy}} = [ \Sigma ( \dot{V} k \Delta t ) ] / \Delta m = S / \Delta m$$

où

$\Delta t$  est l'intervalle de temps entre deux lectures;

$\Delta m$  est la masse consommée.

La surface d'extinction totale de la fumée est donnée par

$$S = \Sigma ( \dot{V} k \Delta t )$$

La surface d'extinction totale de la fumée produite est aussi donnée par

$$S = \int \dot{S} dt$$

et peut être trouvée en calculant la zone sous le  $\dot{S}$  par rapport au graphique de temps.

#### 7.4.1.4 Répétabilité et reproductibilité

Un essai interlaboratoire réunissant sept laboratoires a été effectué pendant l'étude de l'ISO 5660-2. Les résultats, présentés selon l'ISO 5725-2, sont donnés à l'Annexe E.

#### 7.4.2 Relations entre les résultats d'essai et les observations particulières

Le cône calorimètre a été initialement développé pour mesurer la chaleur dégagée par la consommation d'oxygène, et il est souvent équipé d'un dispositif à laser pour permettre d'effectuer des mesures dynamiques sur la fumée.

Le cône calorimètre est largement utilisé, principalement pour produire des résultats pour la modélisation du feu et l'évaluation des risques, mais il a des limitations importantes qui restreignent son utilisation comme moyen d'essai pour les produits électrotechniques:

- a) l'éprouvette est petite et il faut avant tout qu'elle soit plate;
- b) l'essai est réalisé avec un débit d'air non limité sur l'éprouvette, ce qui limite la méthode à la reproduction des phases 1b) et 2 de l'ISO/TR 9122-1.

Cette méthode peut servir de base pour développer un essai destiné aux produits électrotechniques, à condition que la géométrie de l'éprouvette plane soit représentative du produit fini.

Il est recommandé que les données de cet essai ne soient pas utilisées seules comme base pour les contrôles de surveillance du dégagement de la fumée pour des produits électrotechniques.

where

$\dot{V}$  is the volume flow rate;

$\dot{m}$  is the mass loss rate;

$k$  is the extinction coefficient  $[= (1/L) \ln (I/T)]$ .

NOTE It is important to realise that  $\sigma_f$  does not give information on the rate of smoke production in a fire.

The rate of smoke production is given by

$$\dot{S} = k\dot{V} = \sigma_f \dot{m}$$

The average specific extinction area ( $\sigma_{f \text{ avg}}$ ) is then calculated as follows:

$$\sigma_{f \text{ avg}} = [\Sigma (\dot{V} k \Delta t)] / \Delta m = S / \Delta m$$

where

$\Delta t$  is the time interval between data readings;

$\Delta m$  is the mass consumed.

The total extinction area of smoke is given by

$$S = \Sigma (\dot{V} k \Delta t)$$

The total extinction area of smoke produced is also given by

$$S = \int \dot{S} dt$$

and can be found by calculating the area under the  $\dot{S}$  versus the time graph.

#### 7.4.1.4 Repeatability and reproducibility

An interlaboratory trial involving seven laboratories was carried out during the development of ISO 5660-2. The results, presented in accordance with ISO 5725-2, are given in Annex E.

#### 7.4.2 Relevance of test data and special observations

The cone calorimeter was originally developed to measure heat release by oxygen consumption, and is often modified with the provision of a laser system to allow for the dynamic measurement of smoke.

The cone calorimeter is widely used, primarily to generate data for fire modelling and hazard assessment, but has significant limitations which restrict its use as a test for electrotechnical products:

- a) the test specimen is small, and must be essentially flat;
- b) the test has unrestricted access of air to the test specimen, which limits the method to replicating ISO/TR 9122-1, fire stages 1b) and 2.

This method could provide the basis for further development as a method for electrotechnical products, provided that the test specimen geometry is essentially flat, and representative of end product use.

Data from this test should not be used in isolation as the basis for regulatory control of smoke release from electrotechnical products.

### 7.4.3 Référence bibliographique

Norme nationale: [23]

Norme internationale: [24]

## 8 Vue d'ensemble des méthodes et relations entre les résultats

Les méthodes décrites sommairement aux Articles 6 et 7 sont résumées au Tableau 2 ci-après en termes de limitations des méthodes d'essais et d'applicabilité aux phases du feu définies au Tableau 1. Il convient que les comités de produits ayant l'intention d'adopter ou de modifier l'une de ces méthodes d'essais s'assurent qu'elle est appropriée et convenable pour l'usage prévu.

Les méthodes d'essais dynamiques donnent généralement des résultats utilisables pour l'évaluation des risques du feu, ou pour les études de sécurité.

NOTE Ces méthodes sont basées sur une grande variété de modèles feu et de géométrie des éprouvettes, qui peuvent avoir un effet majeur sur l'obscurcissement provoqué par la fumée dégagée à partir d'un matériau ou d'un produit. De ce fait, on ne peut assurer que le classement vis-à-vis de l'obscurcissement par la fumée des matériaux ou des produits à partir d'un essai sera le même que celui obtenu avec un autre essai.

De plus, on peut exprimer les résultats d'obscurcissement par la fumée de différentes façons, ce qui signifie que les résultats obtenus en appliquant des méthodes différentes ne peuvent être comparés directement sans autres calculs.

### 7.4.3 Bibliographic reference

National standard: [23]

International standard: [24]

## 8 Overview of methods and relevance of data

The methods outlined in Clauses 6 and 7 are summarised in Table 2 below, in terms of limitations of the test method, and applicability to the fire stages defined in Table 1. Product committees intending to adopt or modify any of these test methods should ensure that the method is appropriate and suitable for the intended use.

Dynamic test methods generally provide test data in a format suitable for input to fire hazard assessment, or fire safety engineering.

NOTE These methods are based on a wide variety of fire models and test specimen geometries, which can have a major effect on the smoke obscuration generated from a material or product. Therefore it cannot be assumed that the rank ordering of smoke obscuration data from materials or products from one test will be the same as the rank ordering from another test.

In addition, there are many ways of expressing smoke obscuration data which means that the data from different methods cannot be directly compared, without further calculation.

| Type de méthode d'essai | Méthode d'essai et article de référence                                                                          | Limitations concernant l'éprouvette                                                                                            | Relations avec les phases du feu |      |      |     |      |      | Limitations de l'utilisation dans un but de réglementation                             | Application des résultats pour l'étude de la sécurité vis-à-vis du feu |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------|------|-----|------|------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                         |                                                                                                                  |                                                                                                                                | 1(a)                             | 1(b) | 1(c) | 2   | 3(a) | 3(b) |                                                                                        |                                                                        |
| Statique                | 6.2 Détermination de l'opacité de la fumée dans une chambre NBS                                                  | Uniquement plat et de surface inférieure à 76,2 mm x 76,2 mm<br>Non souhaitable pour les liquides et certains thermoplastiques | Non                              | Oui  | Non  | Oui | Non  | Non  | Non recommandé                                                                         | Non                                                                    |
|                         | 6.3 Détermination de l'opacité de la fumée par un essai en enceinte unique                                       | Uniquement plat et de surface inférieure à 75 mm x 75 mm<br>Peut être utilisé pour des produits (voir 6.3)                     | Non                              | Oui  | Non  | Oui | Oui  | Non  | Uniquement pour des produits à géométrie convenable et pour la phase du feu appropriée | Non, pas en l'état actuel                                              |
|                         | 6.4 Détermination de l'opacité des fumées dans une chambre de «trois mètres au cube»                             | Produits autosupportés seulement, environ 1 m de long                                                                          | Non                              | Non  | Non  | Oui | Non  | Non  | Uniquement pour des produits autosupportés et pour la phase du feu appropriée          | Non, pas en l'état actuel                                              |
|                         | 7.2 Détermination de l'opacité de la fumée dégagée par des câbles électriques montés sur une échelle horizontale | Essentiellement produits de construction plats ou câbles                                                                       | Non                              | Non  | Non  | Non | Non  | Oui  | Uniquement pour des produits à géométrie convenable et pour la phase du feu appropriée | Oui                                                                    |
| Dynamique               | 7.3 Détermination de l'opacité de la fumée générée par des câbles électriques montés sur une échelle verticale   | Produits autosupportés uniquement                                                                                              | Non                              | Non  | Non  | Oui | Non  | Oui  | Uniquement pour des produits autosupportés et pour la phase du feu appropriée          | Oui                                                                    |
|                         | 7.4 Détermination de l'opacité de la fumée en utilisant un cône calorimètre                                      | Projeté uniquement pour des matériaux plats<br>Peut convenir pour des produits (voir 7.4)                                      | Non                              | Oui  | Non  | Oui | Non  | Oui  | Uniquement pour des produits à géométrie convenable et pour la phase du feu appropriée | Oui                                                                    |

NOTE L'application des résultats pour l'étude de la sécurité vis-à-vis du feu est limitée aux applications où la méthode d'essai convient au stade du feu.

**NOTE** L'application des résultats pour l'étude de la sécurité vis-à-vis du feu est limitée aux applications où la méthode d'essai convient au stade du feu.

## Table 2 – Overview of smoke test methods

| Type of test method | Test method and clause reference                                                               | Limitations on test specimen                                                                              | Relevance to stage of fire |      |      |     |      |      | Limitations on use for regulatory purposes                                                      | Suitability of data format for input to fire safety engineering |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------|------|-----|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|                     |                                                                                                |                                                                                                           | 1(a)                       | 1(b) | 1(c) | 2   | 3(a) | 3(b) |                                                                                                 |                                                                 |
| Static              | 6.2 Determination of smoke opacity in an NBS chamber                                           | Essentially flat only, and less than 76.2 mm x 76.2 mm<br>Not suitable for liquids or some thermoplastics | No                         | Yes  | No   | Yes | No   | No   | Not recommended                                                                                 | No                                                              |
|                     | 6.3 Determination of smoke opacity by a single-chamber test                                    | Essentially flat only, and less than 75 mm x 75 mm<br>Possibly suitable for products (see 6.3)            | No                         | Yes  | No   | Yes | Yes  | No   | Should only be used for products with the appropriate geometry and for the relevant fire stage  | Not as currently reported                                       |
|                     | 6.4 Determination of smoke opacity in a "three metre cube" smoke chamber                       | Self-supporting products only, approx. 1 m long                                                           | No                         | No   | No   | Yes | No   | No   | Should only be used for self supporting products and for the relevant fire stage                | Not as currently reported                                       |
|                     | 7.2 Determination of smoke opacity generated by electric cables mounted on a horizontal ladder | Essentially flat building products or cables                                                              | No                         | No   | No   | No  | No   | Yes  | Should only be used for products with the appropriate geometry and for the relevant fire stage. | Yes                                                             |
| Dynamic             | 7.3 Determination of smoke opacity generated by electrical cables mounted on a vertical ladder | Self-supporting products only                                                                             | No                         | No   | No   | Yes | No   | Yes  | Should only be used for self supporting products and for the relevant fire stage                | Yes                                                             |
|                     | 7.4 Determination of smoke opacity using the cone calorimeter                                  | Intended for essentially flat materials<br>Possibly suitable for products (see 7.4)                       | No                         | Yes  | No   | Yes | No   | Yes  | Should only be used for products with the appropriate geometry and for the relevant fire stage  | Yes                                                             |

NOTE The suitability of data for fire safety engineering purposes is limited to applications where the test method is relevant to the appropriate stage of fire.

NOTE The suitability of data for fire safety engineering purposes is limited to applications where the test method is relevant to the appropriate stage of fire.

## Annexe A (informative)

### Données sur la répétabilité et la reproductibilité – Chambre NBS – Essais interlaboratoires basés sur les normes françaises NF C20-902-1 et NF C20-902-2

Quatre matériaux utilisés dans le domaine électrotechnique, dont trois dans les câbles électriques, ont été évalués dans 14 chambres à fumée NBS, conformes à la méthode décrite dans les normes françaises NF C20-902-1 et NF C20-902-2.

Les résultats de ces essais relatifs à la détermination de  $D_m$  sont résumés dans le Tableau A.1 suivant:

**Tableau A.1 – Valeurs de  $D_m$**

| Modes d'essai                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Paramètres | Matériaux étudiés |                             |                              |               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |            | Silicone          | Polyéthylène chloro-sulfoné | Ethylène d'acétate de vinyle | Polyamide 6,6 |
| Sans flammes                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $m$        | 278               | 234                         | 314                          | 70            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $r$        | 43                | 113                         | 42                           | 11            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $S_r$      | 15                | 40                          | 17                           | 4             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $R$        | 67                | 287                         | 81                           | 41            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $S_R$      | 24                | 102                         | 29                           | 15            |
| Avec flammes                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $m$        | 211               | 624                         | 259                          | 84            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $r$        | 158               | 98                          | 115                          | 44            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $S_r$      | 56                | 85                          | 41                           | 16            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $R$        | 206               | 131                         | 204                          | 60            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $S_R$      | 74                | 68                          | 73                           | 21            |
| <p>où</p> <p><math>m</math> est la densité spécifique moyenne (<math>D_m</math>);</p> <p><math>r</math> est la répétabilité;</p> <p><math>S_r</math> est l'écart type de répétabilité;</p> <p><math>R</math> est la reproductibilité;</p> <p><math>S_R</math> est l'écart type de reproductibilité.</p> |            |                   |                             |                              |               |

## Annex A (informative)

### Repeatability and reproducibility data – NBS smoke chamber – Interlaboratory tests from the French standards NF C20-902-1 and NF C20-902-2

Four materials used for electrotechnical products, including three used in electric cables, were evaluated using 14 NBS smoke chambers, in accordance with the procedure described in the French standard NF C20-902-1 and NF C20-902-2.

The results of these tests related to the determination of  $D_m$  are summarised in Table A.1.

**Table A.1 – Measurement of  $D_m$**

| Mode of test                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Parameter | Materials studied |                                 |                        |               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------|---------------------------------|------------------------|---------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |           | Silicone          | Chloro-sulphonated polyethylene | Ethylene vinyl acetate | Polyamide 6,6 |
| Non-flaming                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $m$       | 278               | 234                             | 314                    | 70            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $r$       | 43                | 113                             | 42                     | 11            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $S_r$     | 15                | 40                              | 17                     | 4             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $R$       | 67                | 287                             | 81                     | 41            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $S_R$     | 24                | 102                             | 29                     | 15            |
| Flaming                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $m$       | 211               | 624                             | 259                    | 84            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $r$       | 158               | 98                              | 115                    | 44            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $S_r$     | 56                | 85                              | 41                     | 16            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $R$       | 206               | 131                             | 204                    | 60            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $S_R$     | 74                | 68                              | 73                     | 21            |
| <p>where</p> <p><math>m</math> is the average specific optical density (<math>D_m</math>);</p> <p><math>r</math> is the repeatability;</p> <p><math>S_r</math> is the standard deviation of repeatability;</p> <p><math>R</math> is the reproducibility;</p> <p><math>S_R</math> is the standard deviation of reproducibility.</p> |           |                   |                                 |                        |               |

## Annexe B (informative)

### Données sur la répétabilité et la reproductibilité – ISO 5659-2

Tableau B.1 – Valeurs de  $D_{S10}$

| Matériau                                                           | Épaisseur<br>mm | Éclairement<br>énergétique<br>kW/m <sup>2</sup> | Moyenne<br>$D_{S10}$ | Répétabilité<br>(dans un laboratoire) |                    | Reproductibilité<br>(entre laboratoires) |                    |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|--------------------|------------------------------------------|--------------------|
|                                                                    |                 |                                                 |                      | $r$                                   | % de la<br>moyenne | $R$                                      | % de la<br>moyenne |
| PMMA                                                               | 1,0             | 25                                              | 11                   | 4                                     | 38                 | 10                                       | 91                 |
|                                                                    |                 | 25 + pf <sup>a</sup>                            | 55                   | 13                                    | 24                 | 29                                       | 53                 |
|                                                                    |                 | 50                                              | 54                   | 11                                    | 20                 | 17                                       | 32                 |
| ABS                                                                | 1,1             | 25                                              | 312                  | 77                                    | 25                 | 311                                      | 100                |
|                                                                    |                 | 25 + pf <sup>a</sup>                            | 441                  | 146                                   | 33                 | 205                                      | 46                 |
|                                                                    |                 | 50                                              | 435                  | 102                                   | 29                 | 192                                      | 44                 |
| Mousse rigide de<br>polyuréthane<br>(28 kg/m <sup>3</sup> )        | 25,0            | 25                                              | 49                   | 16                                    | 32                 | 61                                       | 124                |
|                                                                    |                 | 25 + pf <sup>a</sup>                            | 48                   | 24                                    | 51                 | 26                                       | 54                 |
|                                                                    |                 | 50                                              | 145                  | 48                                    | 33                 | 97                                       | 67                 |
| Mousse souple de<br>polyuréthane<br>(27 kg/m <sup>3</sup> )        | 25,0            | 25                                              | 178                  | 49                                    | 27                 | 114                                      | 64                 |
|                                                                    |                 | 25 + pf <sup>a</sup>                            | 80                   | 28                                    | 35                 | 56                                       | 70                 |
|                                                                    |                 | 50                                              | 127                  | 46                                    | 36                 | 80                                       | 63                 |
| Polystyrène<br>expansé (non<br>ignifuge;<br>14 kg/m <sup>3</sup> ) | 25,0            | 25                                              | 112                  | 75                                    | 67                 | 196                                      | 175                |
|                                                                    |                 | 25 + pf <sup>a</sup>                            | 102                  | 75                                    | 74                 | 130                                      | 128                |
|                                                                    |                 | 50                                              | 270                  | 88                                    | 33                 | 195                                      | 72                 |

<sup>a</sup> + pf indique que l'essai est exécuté en mode 2 (c'est-à-dire avec une flamme pilote).

Tableau B.2 – Résultats d'essai pour le polycarbonate

| Conditions<br>d'essai                           | Paramètres | Moyenne<br>$A$ | Répétabilité<br>$r$ | $r/A$<br>% | Reproductibilité<br>$R$ | $R/A$<br>% | Nombre de<br>laboratoires |
|-------------------------------------------------|------------|----------------|---------------------|------------|-------------------------|------------|---------------------------|
| 25 kW/m <sup>2</sup><br>Avec flammes<br>pilotes | $D_{S10}$  | 8,4            | 1,6                 | 20,1       | 3,8                     | 45,2       | 6                         |
|                                                 | $D_{Smax}$ | 17,1           | 2,1                 | 10,4       | 5,4                     | 31,8       | 6                         |
| 25 kW/m <sup>2</sup><br>Sans flammes<br>pilotes | $D_{S10}$  | 8,7            | 1,2                 | 15,9       | 2,5                     | 28,4       | 5                         |
|                                                 | $D_{Smax}$ | 22,2           | 1,8                 | 8,1        | 3,7                     | 16,7       | 6                         |
| 50 kW/m <sup>2</sup><br>Sans flammes<br>pilotes | $D_{S10}$  | *              | *                   | *          | *                       | *          | *                         |
|                                                 | $D_{Smax}$ | *              | *                   | *          | *                       | *          | *                         |

NOTE La distance entre l'éprouvette et le radiateur était de 50 mm.

\* La plupart des laboratoires ont indiqué que  $D_{S10}$  et  $D_{Smax}$  ont dépassé 500.

## Annex B (informative)

### Repeatability and reproducibility data – ISO 5659-2

**Table B.1 – Measurement of  $D_{s10}$**

| Material                                                               | Thickness<br>mm | Irradiance<br>kW/m <sup>2</sup> | Mean<br>$D_{s10}$ | Repeatability<br>(within laboratory) |           | Reproducibility<br>(between laboratories) |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------|--------------------------------------|-----------|-------------------------------------------|-----------|
|                                                                        |                 |                                 |                   | $r$                                  | % of mean | $R$                                       | % of mean |
| PMMA                                                                   | 1,0             | 25                              | 11                | 4                                    | 38        | 10                                        | 91        |
|                                                                        |                 | 25 + pf <sup>a</sup>            | 55                | 13                                   | 24        | 29                                        | 53        |
|                                                                        |                 | 50                              | 54                | 11                                   | 20        | 17                                        | 32        |
| ABS                                                                    | 1,1             | 25                              | 312               | 77                                   | 25        | 311                                       | 100       |
|                                                                        |                 | 25 + pf <sup>a</sup>            | 441               | 146                                  | 33        | 205                                       | 46        |
|                                                                        |                 | 50                              | 435               | 102                                  | 23        | 192                                       | 44        |
| Rigid polyurethane foam<br>(28 kg/m <sup>3</sup> )                     | 25,0            | 25                              | 49                | 16                                   | 32        | 61                                        | 124       |
|                                                                        |                 | 25 + pf <sup>a</sup>            | 48                | 24                                   | 51        | 26                                        | 54        |
|                                                                        |                 | 50                              | 145               | 48                                   | 33        | 97                                        | 67        |
| Flexible polyurethane foam<br>(27 kg/m <sup>3</sup> )                  | 25,0            | 25                              | 178               | 49                                   | 27        | 114                                       | 64        |
|                                                                        |                 | 25 + pf <sup>a</sup>            | 80                | 28                                   | 35        | 56                                        | 70        |
|                                                                        |                 | 50                              | 127               | 46                                   | 36        | 80                                        | 63        |
| Expanded polystyrene<br>(non-fire retardant;<br>14 kg/m <sup>3</sup> ) | 25,0            | 25                              | 112               | 75                                   | 67        | 196                                       | 175       |
|                                                                        |                 | 25 + pf <sup>a</sup>            | 102               | 75                                   | 74        | 130                                       | 128       |
|                                                                        |                 | 50                              | 270               | 88                                   | 33        | 195                                       | 72        |

<sup>a</sup> + pf indicates a test carried out in mode 2 (i.e. with pilot flame).

**Table B.2 – Test results for poly-carbonate**

| Test condition                              | Parameter  | Average $A$ | Repeatability $r$ | $r/A$ % | Reproducibility $R$ | $R/A$ % | Number of laboratories |
|---------------------------------------------|------------|-------------|-------------------|---------|---------------------|---------|------------------------|
| 25 kW/m <sup>2</sup><br>With pilot flame    | $D_{s10}$  | 8,4         | 1,6               | 20,1    | 3,8                 | 45,2    | 6                      |
|                                             | $D_{smax}$ | 17,1        | 2,1               | 10,4    | 5,4                 | 31,8    | 6                      |
| 25 kW/m <sup>2</sup><br>Without pilot flame | $D_{s10}$  | 8,7         | 1,2               | 15,9    | 2,5                 | 28,4    | 5                      |
|                                             | $D_{smax}$ | 22,2        | 1,8               | 8,1     | 3,7                 | 16,7    | 6                      |
| 50 kW/m <sup>2</sup><br>Without pilot flame | $D_{s10}$  | *           | *                 | *       | *                   | *       | *                      |
|                                             | $D_{smax}$ | *           | *                 | *       | *                   | *       | *                      |

NOTE The distance between the test specimen and the heater was 50 mm.

\* Most of the laboratories reported that the  $D_{s10}$  and  $D_{smax}$  exceeded 500.