

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

**CEI
IEC**

TECHNICAL SPECIFICATION

TS 60695-6-2

Première édition
First edition
2001-02

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 60695-6-2:2001

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)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) 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/JP.htm) 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
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)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) 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/JP.htm) 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
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

**CEI
IEC**

TECHNICAL SPECIFICATION

TS 60695-6-2

Première édition
First edition
2001-02

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 2001 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

T

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
 Articles	
1 Domaine d'application.....	10
2 Références normatives	10
3 Définitions	12
4 Classification des méthodes d'essais	12
4.1 Modèle feu	12
4.2 Méthode d'essai statique	12
4.3 Méthode d'essai dynamique	14
5 Types d'éprouvettes.....	14
5.1 Essai sur produit	14
5.2 Essai sur produit conventionnel	14
5.3 Essai d'un échantillon de matériau ou de composite	14
6 Méthodes d'essai statiques publiées	14
6.1 Détermination de l'opacité de la fumée dans une chambre NBS.....	16
6.2 Détermination de l'opacité des fumées par un essai en enceinte unique	20
6.3 Détermination de l'opacité des fumées dans une chambre à fumée de «trois mètres au cube»	24
6.4 Détermination de la densité optique spécifique avec un dispositif d'essai à chambre double	26
7 Méthodes d'essai dynamiques publiées.....	28
7.1 Détermination de l'opacité de la fumée dégagée par des câbles électriques montés sur une échelle horizontale	28
7.2 Détermination de l'opacité de la fumée générée par des câbles électriques montés sur une échelle verticale	30
7.3 Détermination de l'opacité de la fumée en utilisant un cône calorimètre	32
8 Panorama des méthodes et relations entre les résultats	36
 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.....	
Annexe B (informative) Données sur la répétabilité et la reproductibilité – ISO 5659-2.....	42
Annexe C (informative) Données sur la répétabilité et la reproductibilité – Chambre de «trois mètres au cube» – Essais interlaboratoires selon la CEI 61034-1	44
 Bibliographie	 46

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
Articles	
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Definitions	13
4 Classification of test methods	13
4.1 Fire model	13
4.2 Static test method	13
4.3 Dynamic test method	15
5 Type of test specimens	15
5.1 Product testing	15
5.2 Simulated product testing	15
5.3 Material or composite sample testing	15
6 Published static test methods	15
6.1 Determination of smoke opacity in an NBS chamber	17
6.2 Determination of smoke opacity by a single-chamber test	21
6.3 Determination of smoke opacity in a "three metre cube" smoke chamber	25
6.4 Determination of specific optical density using a dual-chamber test	27
7 Published dynamic tests	29
7.1 Determination of smoke opacity generated by electric cables mounted on a horizontal ladder	29
7.2 Determination of smoke opacity generated by electrical cables mounted on a vertical ladder	31
7.3 Determination of smoke opacity using a cone calorimeter	33
8 Overview of methods and relevance of data	37
Annex A (informative) Repeatability and reproducibility data – NBS smoke chamber – Interlaboratory tests from the French standard NF C20-902-1 and NF C20-902-2	41
Annex B (informative) Repeatability and reproducibility data – ISO 5659-2	43
Annex C (informative) Repeatability and reproducibility data – "Three metre cube" smoke chamber – French round robin tests according to IEC 61034-1	45
Bibliography	47

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 CEI (Commission électrotechnique Internationale) 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. 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 documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 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. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente spécification technique 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.

Cette première édition de 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 spécification technique doit être utilisée conjointement avec la CEI 60695-6-1.

Elle a le statut d'une publication fondamentale de sécurité conformément au Guide 104 de la CEI.

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

Projet d'enquête	Rapport de vote
89/351/CDV	89/394/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.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIRE HAZARD TESTING –

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

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this technical specification may be the subject of patent rights. The 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.

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

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
89/351/CDV	89/394/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les annexes A, B et C sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TS 60695-6-2:2001

Withdrawing

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annexes A, B and C are for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

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

Withdrawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TS 60695-6-2:2001

INTRODUCTION

Il convient 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 contribuer aux risques dus à la formation de fumées qui peuvent causer la perte de la vision et/ou la désorientation qui peut entraver l'évacuation des immeubles, ou la lutte contre l'incendie.

Cette spécification technique décrit des méthodes d'essai 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, en cours de préparation, qui donnera 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 60695-6-2:2001

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 material, is to reduce the likelihood of fire, even in the event of foreseeable abnormal use, malfunction or failure.

Electrotechnical products, primarily as victim of fire, may contribute to the fire hazard due to 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 currently under preparation 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 60695-6-2:2001

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'essai qui sont utilisées pour évaluer l'opacité des fumées. Elle présente un bref résumé des méthodes d'essai dynamiques et statiques communément utilisées, aussi bien comme normes internationales ou nationales ou normes industrielles. Elle inclut des observations spéciales sur leurs relations avec un feu réel, 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 normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente spécification technique. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente spécification technique sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60695-6-1:2001, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 6-1: Opacité des fumées – Guide général*

CEI 61034-1:1997, *Mesure de la densité de fumées dégagées par des câbles brûlant dans des conditions définies – Partie 1: Appareillage d'essai*

Guide CEI 104:1997, *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 5725-2:1994, *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*

NF C20-902-1:1990, *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*

NF C20-902-2:1990, *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*

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 opacity. 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, for electrotechnical products and their materials, to real fire scenarios and 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 normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this technical specification. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this technical specification are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60695-6-1:2001, *Fire hazard testing – Part 6-1: Smoke obscuration – General guidance*

IEC 61034-1:1997, *Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions – Part 1: Test apparatus*

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

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

ISO 5725-2:1994, *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*

NF C20-902-1:1990, *Fire hazard testing – Test methods – Determination of smoke opacity without air change – Part 1: Methodology and test devices*

NF C20-902-2:1990, *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 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60695, les définitions issues de la ISO/CEI 13943 ainsi que les définitions suivantes s'appliquent:

3.1

coefficient d'extinction de la fumée

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

3.2

surface d'extinction de la fumée

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

3.3

surface spécifique d'extinction de la fumée

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

3.4

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, Δm est la perte de masse de l'éprouvette, et L est la longueur du faisceau lumineux

3.5

densité optique spécifique de la fumée

densité optique multipliée par un facteur géométrique

NOTE 1 Le facteur est V/AL , où V est le volume de la chambre d'essai, A est l'aire de la surface de l'éprouvette, et L est la longueur du faisceau lumineux.

NOTE 2 L'utilisation du terme «spécifique» ne signifie pas «masse par unité» mais plutôt une quantité associée à un appareillage d'essai particulier et à une aire de surface d'éprouvette.

4 Classification des méthodes d'essais

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.

4.1 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.

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.

4.2 Méthode d'essai statique

Méthode d'essai dans laquelle les effluents générés par le feu s'accumulent dans l'enceinte où se produit le feu. 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.

3 Definitions

For this part of IEC 60695, definitions taken from ISO/IEC 13943 together with the following definitions apply:

3.1

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

3.2

extinction area of smoke

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

3.3

specific extinction

extinction area of smoke divided by the mass of fuel consumed area to produce that smoke

3.4

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, Δm is the mass loss of the specimen and L is the light path length

3.5

specific optical density of smoke

optical density multiplied by a geometric factor

NOTE 1 The factor is V/AL , where V is the volume of the test chamber, A is the exposed surface area of the specimen, and L is the light path length.

NOTE 2 The use of the term 'specific' does not denote 'per unit mass' but rather denotes a quantity associated with a particular test apparatus and exposed surface area of specimen.

4 Classification of test methods

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

4.1 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.

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.

4.2 Static test method

A test in which the fire effluent generated is allowed to accumulate within the fire enclosure. 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.

4.3 Méthode d'essai dynamique

Méthode d'essai dans laquelle 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

Feu		Volume d'oxygène a %	Rapport CO ₂ /CO b	Température du substrat a °C	Rayonnement c kW/m ²
Phase 1	Décomposition sans flammes				
	a) Feu couvant (auto-entretenu)	21	Non disponible	<100	Non disponible
	b) Sans flammes (par oxydation)	5 à 21	Non disponible	<500	<25
	c) Sans flammes (par pyrolyse)	<5	Non disponible	<1 000	Non disponible
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
^a Situation générale d'environnement (moyenne) dans un local. ^b Valeur moyenne dans la «plume» de feu près du feu. ^c Rayonnement incident sur l'échantillon (moyen).					

5 Types d'éprouvettes

5.1 Essai sur produit

L'éprouvette est un produit fabriqué. Exemples: circuit imprimé, commutateur, ordinateur ou câble.

5.2 Essai sur produit artificiel

L'éprouvette est une partie représentative d'un produit.

5.3 Essai d'un échantillon de matériau ou de composite

L'éprouvette est un matériau de base (solide ou liquide), ou un composite de plusieurs matériaux.

6 Méthodes d'essai statiques publiées

Les méthodes d'essai 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'essai possibles.

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

4.3 Dynamic test method

A test 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

Fire		Oxygen volume a %	Ratio CO ₂ /CO b	Temperature a °C	Irradiance c kW/m ²
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	<1 800	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
^a General environmental condition (average) within compartment. ^b Mean value in fire plume near to fire. ^c Incident irradiance on to sample (average).					

5 Type of test specimens

5.1 Product testing

The test specimen is a manufactured product. Examples: printed circuit boards, switchboards, computers or cables.

5.2 Simulated product testing

The test specimen is a representative portion of a product.

5.3 Material or composite sample testing

The test specimen is a basic material (solid or liquid), or composite of materials.

6 Published static test methods

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.

6.1 Détermination de l'opacité de la fumée dans une chambre NBS

Deux normes internationales et quatre normes nationales sont basées sur la chambre à fumée NBS décrite ci-après.

6.1.1 Résumé

6.1.1.1 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 m³. Le flux lumineux qui traverse la fumée est mesuré et enregistré en continu.

6.1.1.2 Epreuve

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

6.1.1.3 Méthode

La méthode utilise une source d'énergie rayonnante électrique installée de façon à produire un flux de chaleur de 25 kW/m² 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:

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

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.

D_s est relié 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.

6.1 Determination of smoke opacity in an NBS chamber

Two international and four national standards are based on the NBS smoke chamber described here.

6.1.1 Summary

6.1.1.1 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 flame, in a closed chamber 0,51 m³ in volume. The luminous flux through the smoke is continuously recorded.

6.1.1.2 Test specimen

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

6.1.1.3 Method

The method employs an electrical radiant energy source mounted so as to produce a heat flux of 25 kW/m² 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 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.

6.1.1.4 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.

6.1.2 Relations entre les résultats d'essai et les observations spéciales

Les méthodes d'essai basées sur l'utilisation de la chambre à fumée NBS ont été largement utilisées dans le monde entier depuis environ 20 ans, avec pour objet initial l'évaluation des matériaux. Cependant ces méthodes sont maintenant largement remplacées par celles de l'ISO 5659-2 (voir 6.2) 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 boursoufflent 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 feux en grandeur réelle.
- 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 (voir l'annexe A) et dépendent de la nature des matériaux essayés. Les matériaux qui flent beaucoup à chaud, ceux qui se boursoufflent 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.

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.

6.1.1.4 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.

6.1.2 Relevance of test data and special observations

Test methods based on the NBS smoke chamber have been in worldwide use for around 20 years, primarily for material evaluation purposes. However, these methods have now been largely superseded by ISO 5659-2 (see 6.2), 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 shall be 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 full-scale fires.
- 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 has been studied several times and found to be very poor (see annex A), and dependant 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 is not suitable for use as an input to fire hazard assessment or for fire safety engineering.

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.

6.1.3 Renvoi à la bibliographie

Normes internationales: [1]* et [2]

Normes de l'industrie et nationales: [3] à [6]

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

Une norme internationale est basée sur la méthode qui suit.

6.2.1 Résumé

6.2.1.1 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 m³. Le flux lumineux traversant la fumée est mesurée et enregistré en continu.

NOTE Cette méthode utilise un appareillage identique à celui décrit en 6.1, à l'exception des modifications de la source de rayonnement thermique et de l'orientation de l'éprouvette.

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 l'énergie radiante d'un cône chauffé électriquement, les éprouvettes montées horizontalement sont exposées à un flux incident de 25 kW/m² ou de 50 kW/m². 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 m³, 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 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 continue 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 résultats sont exprimés, 10 min après le début de l'essai, en terme de densité optique spécifique, D_{s10} , qui est calculé en utilisant la formule:

$$D_{s10} = (V/AL) \log_{10} (100/T_{10})$$

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.

* Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

6.1.3 Bibliographic references

International standards: [1]* and [2]

National and industry standards: [3-6]

6.2 Determination of smoke opacity by a single-chamber test

One International standard is based on the following method:

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 horizontally oriented test specimen of material exposed to a specified thermal irradiance, with or without pilot flame, in a closed chamber 0,51 m³ in volume. The luminous flux through the smoke is continuously measured and recorded.

NOTE This method uses essentially the same apparatus as described in 6.1, with the exception of modifications to the source of thermal irradiance and test specimen orientation.

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

This test method employs an electrically heated conical radiant energy source to expose horizontally mounted test specimens to an incident flux of 25 kW/m² or 50 kW/m². 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 m³ 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.

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 specimen. If the load cell is used, the mass optical density can also be determined.

Results are expressed in terms of specific optical density 10 min after the start of the test, D_{s10} , which is calculated using the following equation:

$$D_{s10} = (V/AL) \log_{10} (100/T_{10})$$

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;

* Figures in square brackets refer to the bibliography.

La formule suivante relie D_{s10} à l'aire d'extinction de la fumée produite après 10 min, $S_{(t=10 \text{ min})}$, par l'équation:

$$D_{s10} = S_{(t=10 \text{ min})} / A \times \ln(10), \text{ soit}$$

$$D_{s10} = S_{(t=10 \text{ min})} / 2,303 \times A$$

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

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

où

T est la transmittance en pourcentage;

Δm est la perte de masse.

La relation entre D_{masse} et l'aire d'extinction de la fumée est donnée par:

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

6.2.1.4 Répétabilité et reproductibilité

Un essai interlaboratoire préliminaire réunissant huit laboratoires a été effectué pendant l'étude de l'ISO 5659-2. Les résultats, présentés selon l'ISO 5725-2, sont donnés à l'annexe B.

6.2.2 Relations entre les résultats d'essai et les observations spéciales

Cette méthode est basée sur la chambre à fumée NBS (voir 6.1) et incorpore de nombreuses améliorations utiles:

- 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 sujet à des flux thermiques non normalisés.
- Le flux thermique maximal est augmenté jusqu'à 50 kW/m², 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.
- 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.

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 tombe dans les limitations de la géométrie des éprouvettes.

6.2.3 Renvoi à la bibliographie

Norme internationale: [7]

D_{s10} is related to the extinction area of the smoke produced after 10 min, $S_{(t=10 \text{ min})}$, by the equation:

$$D_{s10} = S_{(t=10 \text{ min})} / A \times \ln(10), \text{ i.e.}$$

$$D_{s10} = S_{(t=10 \text{ min})} / 2,303 \times A$$

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

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

where

T is the percentage transmittance;

Δm is the mass consumed.

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

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

6.2.1.4 Repeatability and reproducibility

A preliminary 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 annex B.

6.2.2 Relevance of test data and special observations

This method is based on the NBS smoke chamber method (see 6.1) and incorporates many useful enhancements:

- 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.
- The maximum heat flux is increased to 50 kW/m², 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.
- If mass loss rate data is recorded, it may be suitable for use as an input to hazard assessment, or to calculate mass optical density. The data generated may be suitable for use as an input to fire hazard assessment or fire safety engineering.

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

6.2.3 Bibliographic reference

International standard: [7]

6.3 Détermination de l'opacité des fumées dans une chambre à fumée de «trois mètres au cube»

Trois normes internationales et cinq normes nationales sont basées sur la chambre à fumée de «trois mètres au cube».

6.3.1 Résumé

6.3.1.1 But et principe

Cet essai est utilisé pour évaluer l'opacité de la 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.

6.3.1.2 Eprouvette

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

6.3.1.3 Méthode

La méthode d'essai utilise un bac contenant 1 l d'alcool comme source d'exposition sous l'échantillon, dans une chambre close d'un volume de 27 m³. L'opacité 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:

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

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 appelé, incorrectement, absorbance dans certaines normes.

et les résultats sont reportés en fonction du paramètre A_0 , avec

$$A_0 = A_m V/nL$$

où

V est le volume de la chambre (27 m³);

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_0 , avec

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

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

6.3 Determination of smoke opacity in a “three metre cube” smoke chamber

Three international and five national standards are based on the “three metre cube” smoke chamber.

6.3.1 Summary

6.3.1.1 Purpose and principle

This test is used to assess the opacity 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.

6.3.1.2 Test specimen

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

6.3.1.3 Method

The test method employs a pan of alcohol containing 1 l of alcohol to expose a test specimen, from underneath, within a closed chamber, 27 m³ in volume. The smoke opacity 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.

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 m³);

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:

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

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

6.3.1.4 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 B.

6.3.2 Relations entre les résultats d'essai et les observations spéciales

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. Le scénario feu (géométrie de la chambre d'essai, source de feu et position de l'éprouvette) a été choisi 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 doivent être autosupportées et elles doivent être 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 tel 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 électro-techniques, 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.

6.3.3 Renvoi à la bibliographie

Normes internationales: [8] à [10]

Normes nationales: [11] à [15]

6.4 Détermination de la densité optique spécifique avec un dispositif d'essai à chambre double

Un rapport technique international est basé sur la méthode suivante.

6.4.1 Résumé

6.4.1.1 Objet 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.

6.4.1.2 Eprouvette

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

6.4.1.3 Méthode

Les éprouvettes sont montées horizontalement dans une chambre de décomposition et sont exposées à un rayonnement thermique atteignant 60 kW/m². La fumée produite est recueillie dans une seconde chambre et l'opacité est mesurée.

6.3.1.4 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 B.

6.3.2 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 (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 shall be self-supporting and shall 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, is not suitable for use as a 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.

6.3.3 Bibliographic references

International standards: [8] to [10]

National standards: [11] to [15]

6.4 Determination of specific optical density using a dual-chamber test

One international technical report is based on the following method.

6.4.1 Summary

6.4.1.1 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.

6.4.1.2 Test specimen

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

6.4.1.3 Method

The test specimens are mounted horizontally in a decomposition chamber and exposed to a thermal irradiance up to 60 kW/m². The smoke generated is collected in a second chamber and the opacity is measured.

6.4.1.4 Répétabilité et reproductibilité

Pas de résultats disponibles.

6.4.2 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.

6.4.3 Renvoi à la bibliographie

Rapport technique international: [16]

7 Méthodes d'essai dynamiques publiées

Les méthodes d'essai 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'essai possibles.

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

7.1 Détermination de l'opacité de la fumée dégagée par des câbles électriques montés sur une échelle horizontale

Plusieurs normes nationales ou normes industrielles sont basées sur la méthode présentée ci-après.

7.1.1 Résumé

7.1.1.1 But et principe

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

7.1.1.2 Éprouvette

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.

7.1.1.3 Méthode

Les éprouvettes sont exposées, à une extrémité de l'échelle à câbles, à une flamme de 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.

7.1.1.4 Répétabilité et reproductibilité

Il n'existe pas de résultat disponible.

6.4.1.4 Repeatability and reproducibility

No data available.

6.4.2 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.

6.4.3 Bibliographic reference

International technical report: [16]

7 Published dynamic tests

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.

7.1 Determination of smoke opacity generated by electric cables mounted on a horizontal ladder

Several national and industry standards are based on the following method:

7.1.1 Summary

7.1.1.1 Purpose and principle

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

7.1.1.2 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.

7.1.1.3 Method

The test specimens are exposed, at one end of the ladder, to a 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.

7.1.1.4 Repeatability and reproducibility

No data available.

7.1.2 Relations entre les résultats d'essai et les observations spéciales

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.

7.1.3 Renvoi à la bibliographie

Normes nationales et industrielles: [17] à [19]

7.2 Détermination de l'opacité de la fumée générée par des câbles électriques montés sur une échelle verticale

Plusieurs normes nationales et des normes industrielles sont basées sur la méthode présentée ci-après.

7.2.1 Résumé

7.2.1.1 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.

7.2.1.2 Epreuves

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

7.2.1.3 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.

7.2.1.4 Répétabilité et reproductibilité

Il n'existe pas de résultat disponible.

7.2.2 Relations entre les résultats d'essai et les observations spéciales

Ces méthodes sont des adaptations standards de l'industrie des câbles pour les essais 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 épreuves sont linéaires, il convient qu'elles soient autoporteuses et normalement installées verticalement dans des conduits fermés.

7.1.2 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.

7.1.3 Bibliographic references

National and industry standards: [17-19]

7.2 Determination of smoke opacity generated by electrical cables mounted on a vertical ladder

Several national and industry standards are based on the following method:

7.2.1 Summary

7.2.1.1 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.

7.2.1.2 Test specimens

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

7.2.1.3 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.

7.2.1.4 Repeatability and reproducibility

No data available.

7.2.2 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.

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 appropriée, 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.

7.2.3 Renvoi à la bibliographie

Normes nationales et industrielles: [20] et [21]

7.3 Détermination de l'opacité de la fumée en utilisant un cône calorimètre

Une norme nationale est basée sur la méthode décrite ci-après.

7.3.1 Résumé

7.3.1.1 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.

7.3.1.2 Eprouvette

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

7.3.1.3 Méthode

L'éprouvette est exposée à un flux thermique pouvant atteindre 100 kW/m² 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, exposées à des niveaux de flux thermiques jusqu'à 100 kW/m². La fumée est aspirée depuis la zone de combustion dans un conduit à une vitesse de 24 dm³/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 (σ_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

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

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 σ_f ne donne pas d'information sur la vitesse de production de fumée dans un incendie.

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.

7.2.3 Bibliographic references

National and industry standards: [20] and [21]

7.3 Determination of smoke opacity using a cone calorimeter

One national standard is based on the following method:

7.3.1 Summary

7.3.1.1 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.

7.3.1.2 Test specimen

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

7.3.1.3 Method

The test specimen is exposed to a heating flux up to 100 kW/m² 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 which are exposed to heat flux levels up to 100 kW/m². The smoke is drawn from the burning area into a duct at a rate of 24 dm³/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 (σ_f) which is calculated from the extinction coefficient, the volume flow rate and the rate of mass loss, using the equation

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

where

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

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

k is the extinction coefficient [= (1/L) ln (I/I₀)].

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

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

Δt est l'intervalle de temps entre deux lectures;

Δm est la masse consumée.

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 trouvé en calculant la zone sous le $\dot{S}$ par rapport au graphique de temps.

7.3.1.4 Répétabilité et reproductibilité

Il n'existe pas de résultats disponibles, mais des essais interlaboratoires sont en cours.

7.3.2 Relations entre les résultats d'essai et les observations spéciales

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 avant tout 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.

7.3.3 Renvoi à la bibliographie

Norme nationale: [22]

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

Δt is the time interval between data readings;

Δm 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.

7.3.1.4 Repeatability and reproducibility

No data available, but round robin tests are currently being conducted.

7.3.2 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.

7.3.3 Bibliographic reference

National standard: [22]

8 Panorama des méthodes et relations entre les résultats

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

Les méthodes d'essai 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.

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.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TS 60695-6-2:2001

Without watermark

Tableau 2 – Panorama des méthodes d'essai de fumée

Type de méthode d'essai	Méthode d'essai et paragraphe 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	6.1 Détermination de l'opacité de la fumée dans une chambre NBS	Uniquement plat et de surface inférieure à 75 mm ² Non souhaitable pour les liquides et certains thermoplastiques	Non	Oui	Non	Oui	Non	Non	Non recommandé	Non
	6.2 Détermination de l'opacité de la fumée par un essai en enceinte unique	Uniquement plat et de surface inférieure à 75 mm ² Peut être utilisé pour des produits (voir 6.2)	Non	Oui	Non	Oui	Oui	Non	Uniquement pour des produits à géométrie convenable et pour le stade du feu approprié	Non, pas en l'état actuel
	6.3 Détermination de l'opacité des fumées dans une chambre de «trois mètres au cube»	Produits auto-supportés 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
Dynamique	7.1 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
	7.2 Détermination de l'opacité de la fumée générée par des câbles électriques montés sur une échelle verticale	Produits auto-supportés uniquement	Non	Non	Non	Oui	Non	Oui	Uniquement pour des produits autosupportés et pour la phase du feu appropriée	Oui
	7.3 Détermination de l'opacité de la fumée en utilisant un cône calorimètre	Projeté uniquement pour des matériaux plats Peut convenir pour des produits (voir 7.3)	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.										

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 ^a	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
^a où m est la densité spécifique moyenne (D_m) r est la répétabilité S_r est l'écart-type de répétabilité R est la reproductibilité S_R est l'écart-type de reproductibilité					

Annex A (informative)

Repeatability and reproducibility data – NBS smoke chamber – Interlaboratory tests from the French standard 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 the following table.

Table A.1 – Measurement of D_m

Mode of test	Parameter ^a	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
^a where m is the average specific optical density (D_m); r is the repeatability; S_r is the standard deviation of repeatability; R is the reproducibility; S_R is the standard deviation of reproducibility.					

Annexe B
(informative)

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

Tableau B.1 – Valeurs de D_{510}

Matériau	Epaisseur mm	Eclairage énergétique kW/m ²	Moyenne D_{510}	Répétabilité (dans un laboratoire)		Reproductibilité (entre laboratoires)	
				r	% de la moyenne	R	% de la moyenne
PMMA	1,0	25	11	4	38	10	91
		25 + pf ^a	55	13	24	29	53
		50	54	11	20	17	32
ABS	1,1	25	312	77	25	311	100
		25 + pf ^a	441	146	33	205	46
		50	435	102	23	192	44
Mousse rigide de polyuréthane (28 kg/m ³)	25,0	25	49	16	32	61	124
		25 + pf ^a	48	24	51	26	54
		50	145	48	33	97	67
Mousse souple de polyuréthane (27 kg/m ³)	25,0	25	178	49	27	114	64
		25 + pf ^a	80	28	35	56	70
		50	127	46	36	80	63
Polystyrène expansé (non ignifuge; 14 kg/m ³)	25,0	25	112	75	67	196	175
		25 + pf ^a	102	75	74	130	128
		50	270	88	33	195	72

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

Annex B (informative)

Repeatability and reproducibility data – ISO 5659-2

Table B.1 – Measurement of D_{S10}

Material	Thickness mm	Irradiance kW/m ²	Mean D_{S10}	Repeatability (within laboratory)		Reproducibility (between laboratories)	
				r	% of mean	R	% of mean
PMMA	1,0	25	11	4	38	10	91
		25 + pf ^a	55	13	24	29	53
		50	54	11	20	17	32
ABS	1,1	25	312	77	25	311	100
		25 + pf ^a	441	146	33	205	46
		50	435	102	23	192	44
Rigid polyurethane foam (28 kg/m ³)	25,0	25	49	16	32	61	124
		25 + pf ^a	48	24	51	26	54
		50	145	48	33	97	67
Flexible polyurethane foam (27 kg/m ³)	25,0	25	178	49	27	114	64
		25 + pf ^a	80	28	35	56	70
		50	127	46	36	80	63
Expanded polystyrene (non-fire retardant, 14 kg/m ³)	25,0	25	112	75	67	196	175
		25 + pf ^a	102	75	74	130	128
		50	270	88	33	195	72

^a + pf indicates a test carried out in mode 2 (i.e. with pilot flame).

Annexe C (informative)

Données sur la répétabilité et la reproductibilité – Chambre de «trois mètres au cube» – Essais interlaboratoires selon la CEI 61034-1

Trois types de câbles ont été évalués dans sept laboratoires utilisant des chambres de «trois mètres au cube» conformément à la CEI 61034-1.

Les résultats des essais relatifs à la détermination de l'opacité de la fumée sont résumés dans le tableau C.1 qui suit.

Tableau C.1 – Valeurs du flux lumineux transmis en pourcentage

Méthode d'essai	Paramètres ^a	Types de câble étudié		
		Câble souple %	Câble armé rigide %	Câble à fibres optiques %
C	m	77	81	81
	r	9	9	7
	S_r	3	3	3
	R	15	16	13
	S_R	4	6	4
^a où m est la moyenne du flux lumineux transmis en pourcentage r est la répétabilité S_r est l'écart-type sur la répétabilité R est la reproductibilité S_R est l'écart-type sur la reproductibilité				