

TECHNICAL SPECIFICATION

SPECIFICATION TECHNIQUE



BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Fire hazard testing –

Part 11-11: Test flames – Determination of the characteristic heat flux for ignition from a non-contacting flame source

Essais relatifs aux risques du feu –

Partie 11-11: Flammes d'essai – Détermination du flux de chaleur caractéristique pour l'allumage à partir d'une flamme source sans contact



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

TECHNICAL SPECIFICATION

SPECIFICATION TECHNIQUE



BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

Fire hazard testing –

Part 11-11: Test flames – Determination of the characteristic heat flux for ignition from a non-contacting flame source

Essais relatifs aux risques du feu –

Partie 11-11: Flammes d'essai – Détermination du flux de chaleur caractéristique pour l'allumage à partir d'une flamme source sans contact

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.220.40, 29.020

ISBN 978-2-8322-3177-7

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

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references.....	8
3 Terms and definitions	8
4 Principle of the test.....	9
5 Apparatus.....	9
5.1 Test arrangement.....	9
5.2 Burner and test flame	10
5.3 Heat flux meter	10
5.4 Data acquisition system.....	11
5.5 Dummy test specimen board	11
5.6 Masking board	11
5.7 Timing device.....	12
5.8 Conditioning.....	12
5.9 Test specimen support	12
5.10 Burner support	12
5.11 Observation mirror	12
6 Test specimen	12
6.1 Specimen preparation	12
6.2 Test specimen dimensions	12
6.3 Testing ranges in formulations.....	13
6.3.1 General	13
6.3.2 Density, melt flows and filler/reinforcement	13
6.3.3 Colour	13
6.4 Conditioning of test specimens	13
7 Testing conditions	13
8 Test procedure	13
8.1 Determination of incident heat flux calibration curve	13
8.2 Determination of ignition times	14
8.3 Repetition of the test at different heat flux values	14
9 Evaluation of test results.....	15
9.1 Average ignition time $\bar{t}_{ig}$	15
9.2 Report format for CHFI	15
9.3 Precision data	15
10 Test report.....	15
Annex A (informative) An example of the calibration curve of incident heat flux versus the distance between the top of the burner tube and the lower surface of the test specimen.....	16
A.1 Calibration curves	16
Annex B (informative) Examples of ignition times with various materials of 3 mm thickness	18
B.1 Materials tested	18
Annex C (informative) Precision data.....	21
C.1 General.....	21

C.2	Heat flux versus distance at different Gas flow rates	21
C.3	Repeatability	22
C.4	Calculations and plots	23
	Bibliography	25
	Figure 1 – Arrangement and position of test specimen and burner	10
	Figure 2 – Dummy test specimen board.....	11
	Figure 3 – Structure of the masking board	12
	Figure A.1 – Calibration curve (example).....	16
	Figure B.1 – Example of ignition times of PMMA.....	18
	Figure B.2 – Ignition times for ABS (example).....	19
	Figure B.3 – Ignition times for HIPS (example).....	19
	Figure C.1 – Incident heat flux calibration curve (Gas flow rate = 105 cm ³ /min)	21
	Figure C.2 – Incident heat flux calibration curve (Gas flow rate = 160 cm ³ /min)	22
	Figure C.3 – 1/t _{ig} for Material A	23
	Figure C.4 – 1/t _{ig} for Material B	23
	Figure C.5 – 1/t _{ig} for Material C	24
	Figure C.6 – 1/t _{ig} for Material D	24
	Table A.1 – Calibration data (examples of actual measured data as shown in Figure A.1)	17
	Table A.2 – Calibration data (examples of interpolated values)	17
	Table B.1 – Illustrative example of tabulated results	20
	Table C.1 – Precision data of ignition time.....	22

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIRE HAZARD TESTING –

Part 11-11: Test flames – Determination of the characteristic heat flux for ignition from a non-contacting flame source

FOREWORD

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

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.

IEC TS 60695-11-11, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 89: Fire hazard testing.

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

This second edition of IEC TS 60695-11-11 cancels and replaces the first edition published in 2008. It constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) Fix of editorials throughout the text;
- b) Introduction updated;
- c) Normative references updated;
- d) Results of recent round-robin testing incorporated; and
- e) Informative Annex C "Precision data" added.

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

Enquiry draft	Report on voting
89/1227/DTS	89/1248/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.

This technical specification is to be used in conjunction with IEC 60695-11-4.

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

Part 11 consists of the following parts:

- Part 11-2: Test flames – 1 kW nominal pre-mixed flame – Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance
- Part 11-3: Test flames – 500 W flames – Apparatus and confirmational test methods
- Part 11-4: Test flames – 50 W flame – Apparatus and confirmational test method
- Part 11-5: Test flames – Needle-flame test method – Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance
- Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods
- Part 11-11: Test flames – Determination of the characteristic heat flux for ignition from a non-contacting flame source
- Part 11-20: Test flames – 500 W flame test methods
- Part 11-21: Test flames – 500 W vertical flame test method for tubular polymeric materials
- Part 11-30: Test flames – History and development from 1979 to 1999
- Part 11-40: Test flames – Confirmatory tests – Guidance

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website 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.

IMPORTANT – The “colour inside” logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this publication using a colour printer.

INTRODUCTION

In the design of any electrotechnical product, the risk of fire and the potential hazards associated with fire need to be considered. In this respect the objective of component, circuit and equipment design as well as the choice of materials is to reduce the risk of fire to a tolerable level even in the event of reasonably foreseeable (mis)use, malfunction or failure. IEC 60695-1-10, together with its companion, IEC 60695-1-11, provide guidance on how this is to be accomplished.

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

The aim of the IEC 60695 series of standards is to save lives and property by reducing the number of fires or reducing the consequences of the fire. This can be accomplished by

- trying to prevent ignition caused by an electrically energised component part and, in the event of ignition, to confine any resulting fire within the bounds of the enclosure of the electrotechnical product.
- trying to minimise flame spread beyond the product's enclosure and to minimise the harmful effects of fire effluents including heat, smoke, and toxic or corrosive combustion products.

This technical specification is to be used to measure and describe the properties of materials used for electrotechnical products and sub-assemblies in response to heat from a non-contacting flame source under controlled laboratory conditions and is to not be used to describe or appraise the fire hazard or fire risk of materials, products, or assemblies under actual fire conditions. However, results of this test can be used as elements of a fire hazard assessment which takes into account all of the factors which are pertinent to an assessment of the fire hazard of a particular end use. A test specimen cut from end-product or sub-assembly can be tested by this test method.

This technical specification may involve hazardous materials, operations, and equipment. It does not purport to address all of the safety problems associated with its use. It is the responsibility of the user to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

Test methods to determine flammability by contact of flame have been developed and standardized already, such as IEC 60695-11-10 [1]¹ and IEC 60695-11-20 [2]¹ and ISO 4589-2 [3]¹.

This is the first test method to determine the characteristic heat flux for ignition (CHFI) of materials used for electrotechnical products and sub-assemblies from a non-contacting flame source. CHFI characterizes ignition behaviour in terms of incident heat flux. This test method simulates the fire behaviour of materials used for electrotechnical products where a flame source exists close to, but does not contact with these items. An example is a candle flame near an electrotechnical product.

¹ Numbers in square brackets refer to the bibliography.

FIRE HAZARD TESTING –

Part 11-11: Test flames – Determination of the characteristic heat flux for ignition from a non-contacting flame source

1 Scope

This part of IEC 60695, which is a technical specification describes a test method used to determine the characteristic heat flux for ignition (CHF_I) from a non-contacting flame source for materials used in electrotechnical products and sub-assemblies. It provides a relationship between ignition time and incident heat flux. A test specimen cut from an end-product or sub-assembly can be tested by this test method.

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

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

2 Normative references

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

IEC 60695-11-4, *Fire hazard testing – Part 11-4: Test flames – 50 W flame – Apparatus and confirmational test method*

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

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

ISO 291, *Plastics – Standard atmospheres for conditioning and testing*

ISO 293, *Plastics – Compression moulding of test specimens of thermoplastic materials*

ISO 294 (all parts), *Plastics – Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials*

ISO 295, *Plastics – Compression moulding of test specimens of thermosetting materials*

ISO 13943:2008, *Fire safety – Vocabulary*

ISO 14934-4:2014, *Fire tests – Calibration of heat flux meters – Part 4: Guidance on the use of heat flux meters in fire tests*

3 Terms and definitions

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

3.1

average ignition time, $\bar{t}_{ig}$

arithmetic mean of three ignition times measured at a given heat flux

3.2

characteristic heat flux for ignition

CHFI

maximum incident heat flux which is a multiple of 5 kW/m² and at which $\bar{t}_{ig}$ is greater than 120 s

3.3

draught-free environment

space in which the results of experiments are not significantly affected by the local air speed

Note 1 to entry: A qualitative example is a space in which a wax candle flame remains essentially undisturbed. Quantitative examples are small-scale fire tests in which a maximum air speed of 0,1 m/s or 0,2 m/s is sometimes specified.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.70]

3.4

heat flux

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

Note 1 to entry: The typical units are watts per square metre (W/m²).

[SOURCE: ISO/IEC 13943:2008, 4.173]

3.5

ignition

initiation of combustion which results in a sustained flaming combustion for at least 5 s

Note 1 to entry: The term "ignition" in French has a very different meaning [state of body combustion].

3.6

incident heat flux

heat flux received by the surface of a test specimen

[SOURCE: IEC 60695-4:2012, 3.2.15]

4 Principle of the test

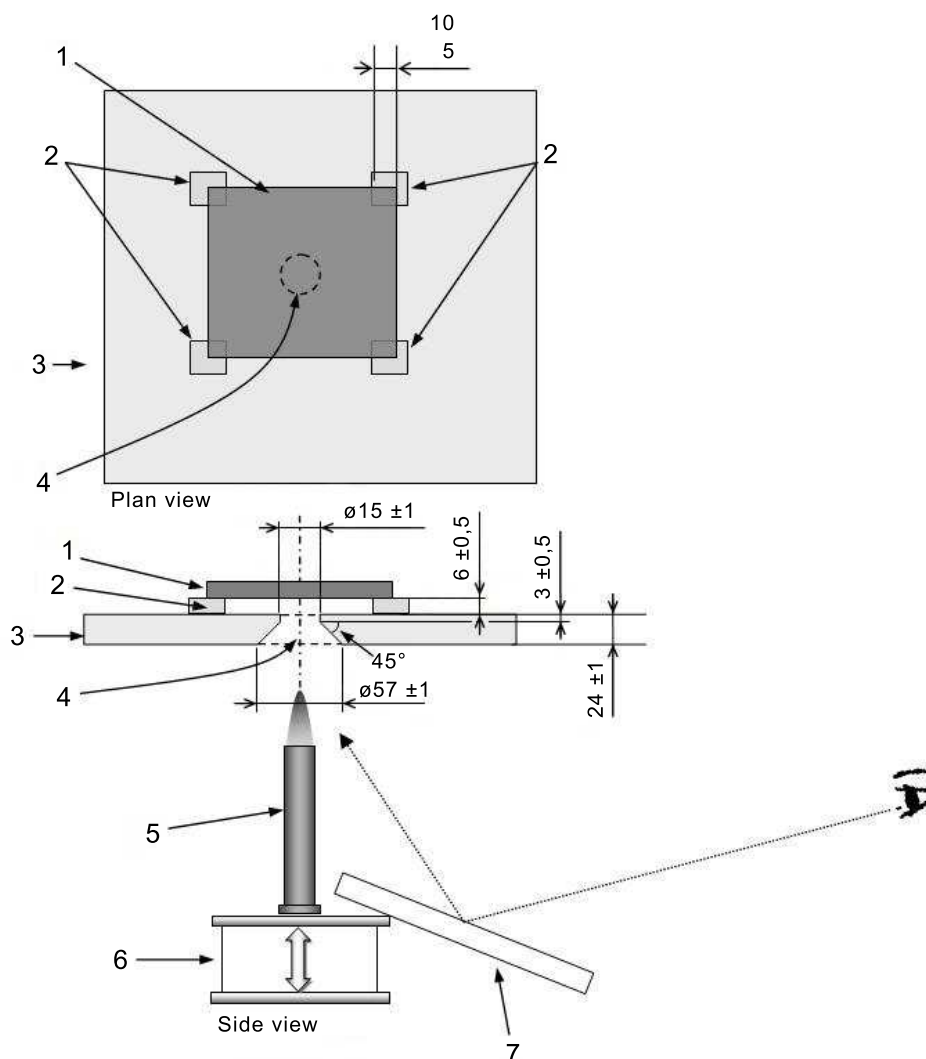
The incident heat flux is measured using the apparatus described in 5.3 and 5.4. The incident heat flux value is controlled by changing the distance between the top of the burner tube and the lower surface of the test specimen and by changing the flow rate of gas to the burner (See Annex A). The time required to ignite the test specimen is measured as a function of the incident heat flux. The tests are performed at different incident heat flux values until the maximum heat flux, at which $\bar{t}_{ig}$ is greater than 120 s and defined as the characteristic heat flux for ignition (CHFI), is obtained. The incident heat flux values at which the tests are carried out are chosen within the range of 30 kW/m² to 75 kW/m² and shall be a multiple of 5 kW/m².

5 Apparatus

5.1 Test arrangement

The arrangement and position of the test specimen and burner are shown in Figure 1. The test specimen and masking board shall be mounted horizontally. The burner tube shall be mounted vertically. The centre line of the test specimen, the burner tube, the sensor of the heat flux meter and the conical hole in the masking board shall all be aligned vertically. The sensor of the heat flux meter shall be placed horizontally 6 mm above the upper surface of the masking board with its sensing surface facing down.

Dimensions in millimetres



IEC

Key

- 1 Test specimen
- 2 Test specimen support
- 3 Masking board
- 4 Conical hole (diameter at the top side 15 mm)
- 5 Burner tube and test flame (inner diameter 9,5 mm)
- 6 Burner support (adjustable vertically)
- 7 Mirror

Figure 1 – Arrangement and position of test specimen and burner

5.2 Burner and test flame

The laboratory burner apparatus shall conform to IEC 60695-11-4. The flame size and the gas flow rate will differ from that specified in IEC 60695-11-4 in order to obtain the heat flux value necessary for the test. The flame used for each test shall be maintained throughout the test.

NOTE ISO 10093 [4] describes the burner as ignition source P/PF2 (50 W).

5.3 Heat flux meter

The heat flux meter shall be of a water-cooled thermopile type (see ISO 14934-4:2014) which determines the incident heat flux applied to the test specimen.

When incident heat flux measurements are made, the heat flux meter is placed in the centre of a dummy test specimen board, and the heat flux meter shall not have any optical filter in-line with the sensor.

NOTE 1 The incident heat flux measurement is of critical importance to the test results. ISO 14934-3 [5] provides the calibration method for the heat flux meter.

NOTE 2 A thermopile of the Schmidt-Boelter type, with a designed range up to 100 kW/m^2 and a target diameter of approximately 12,5 mm, has been found to be suitable.

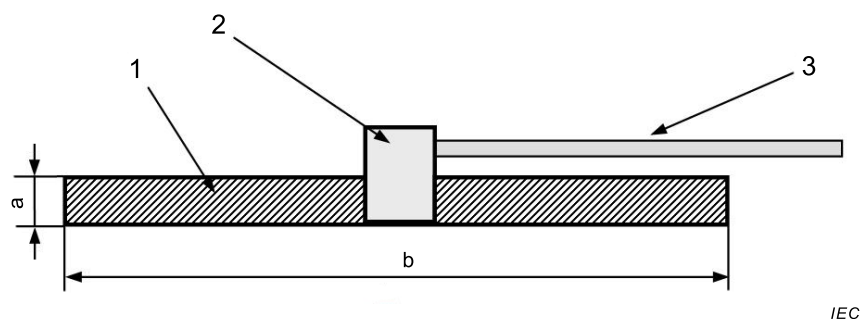
5.4 Data acquisition system

The voltmeter for measuring the output of the heat flux meter shall have a resolution of 0,01 % or better for the maximum output range.

5.5 Dummy test specimen board

The dummy test specimen board shall be approximately $75 \text{ mm} \times 75 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}$ with a centrally located hole whose diameter is slightly larger than the outside diameter of the heat flux meter. The board shall be made from a heat-resistant non-combustible rigid board. The dummy specimen board is used, together with the heat flux meter (see Figure 2), for the determination of incident heat flux (see 8.1).

NOTE A calcium silicate board of approximately 12 mm thickness having dry density of approximately 900 kg/m^3 has been found suitable for the dummy test specimen board.



IEC

Key

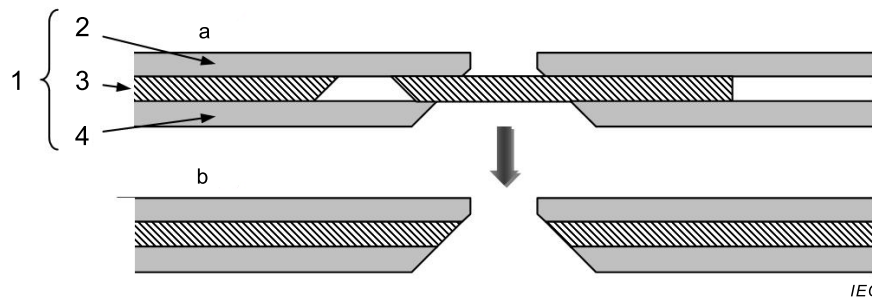
- 1 Dummy test specimen board
- 2 Heat flux meter
- 3 Cooling water pipe
- a Approximately 12 mm
- b Approximately 100 mm

Figure 2 – Dummy test specimen board

5.6 Masking board

The masking board shall be made of three heat-resistant non-combustible rigid boards, each having a density of $850 \text{ kg/m}^3 \pm 50 \text{ kg/m}^3$ and a thickness of $8 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ and the total thickness of the three non-combustible board shall be $24 \text{ mm} \pm 1,5 \text{ mm}$. One board is inserted between the upper and lower boards and is made moveable. This moveable board is the radiant heat shield which protects the test specimen from the heat source before the test is started. At the centre of the masking board there shall be a conically shaped opening. The diameter of the opening on the upper surface shall be $15 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ and $57 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ on the lower surface. An illustration of the masking board and its operation is shown in Figure 3.

NOTE A calcium silicate board of the required density has a thermal conductivity of $0,14 \text{ W/m/K}$ at $200 \text{ }^\circ\text{C}$, $0,15 \text{ W/m/K}$ at $400 \text{ }^\circ\text{C}$, and $0,17 \text{ W/m/K}$ at $600 \text{ }^\circ\text{C}$.



Key

- 1 Masking board
- 2 Upper board
- 3 Moveable board (Radiant heat shield)
- 4 Lower board
- a Position of the moveable masking board prior to a test
- b Position of the moveable masking board during a test

Figure 3 – Structure of the masking board

5.7 Timing device

The timing device shall have a resolution of 0,5 s or better.

5.8 Conditioning

The conditioning chamber shall be maintained at a temperature of $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, with a relative humidity of $50\% \pm 10\%$ (see ISO 291).

5.9 Test specimen support

The test specimen support shall maintain a distance of $6\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$ between the lower surface of the test specimen and the upper surface of the masking board.

5.10 Burner support

The burner shall be located on a support which can be adjusted in the vertical direction. The distance between the top of the burner tube and the lower surface of the test specimen shall be able to be determined using a suitable measuring device which has a resolution of 1 mm or better.

5.11 Observation mirror

To observe the ignition behaviour of the test specimen, an observation mirror approximately $100\text{ mm} \times 100\text{ mm}$ shall be positioned underneath the masking board.

6 Test specimen

6.1 Specimen preparation

Test specimens shall be fabricated using the appropriate ISO method, e.g. casting and injection moulding in accordance with ISO 294, compression moulding in accordance with ISO 293 or ISO 295, or transfer moulding to the necessary shape. Where this is not possible, the test specimen shall be produced using the same fabrication process as would be normally used to mould a part of a product; and where this is not possible, specimens are to be cut from a representative sample of the moulded material taken from an end product.

After any cutting operation, care shall be taken to remove all dust and any particles from the surface; cut edges shall be fine sanded to a smooth finish.

6.2 Test specimen dimensions

The dimensions of the planar sections of the test specimens shall be at least $77,5\text{ mm} \pm 2,5\text{ mm}$ in length and width and at the thickness under consideration. The

preferred thickness for the presentation of comparative data include $0,4 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$, $0,75 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$, $1,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$, $3,0 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ and $6,0 \text{ mm} \pm 0,4 \text{ mm}$.

6.3 Testing ranges in formulations

6.3.1 General

The results of tests carried out on test specimen sets of different colour, thickness, density, molecular mass, anisotropic type/direction, additives, fillers, and/or reinforcements can vary.

6.3.2 Density, melt flows and filler/reinforcement

Test specimens covering all combinations of minimum and maximum levels of density, melt flows and filler/reinforcement content may be provided and considered representative of the range if the test results yield the same CHFI. If the test results do not yield the same CHFI for all test specimens representing the range, evaluation shall be limited to the materials with the specific levels of density, melt flows and filler/reinforcement tested. In addition, test specimens with intermediate density, melt flows, and filler/reinforcement content shall be tested to determine the representative range for each CHFI determination. However, as an alternative, the least favorable performance of the specific levels of density, melt flows and filler/reinforcement tested may be considered representative of intermediate levels without additional testing.

6.3.3 Colour

When evaluating a range of colours, uncoloured test specimens and test specimens with the highest level of organic and inorganic pigment loading by weight are considered representative of the colour range if the test results yield the same CHFI. When certain pigments are known to affect flammability characteristics, the test specimens containing those pigments shall also be tested. Test specimens which shall be tested are those that

- a) contain no colouring,
- b) contain the highest level of organic pigments,
- c) contain the highest level of inorganic pigments,
- d) contain pigments which are known to adversely affect flammability characteristics.

6.4 Conditioning of test specimens

Unless otherwise specified in the relevant specification, the test specimen shall be conditioned for a minimum of 24 h at $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$ and a relative humidity of $50 \% \pm 10 \%$. Once removed from the conditioning chamber, the test specimens shall be tested within 1 h.

7 Testing conditions

All test specimens shall be tested in a laboratory atmosphere in a draught free environment at a temperature of between 15 °C and 35 °C and a relative humidity of 75 % or less.

8 Test procedure

8.1 Determination of incident heat flux calibration curve

The incident heat flux, which will be received by the surface of the test specimen, shall be determined in terms of the distance between the top of the burner and the lower surface of the test specimen and the gas flow rate to the burner. For this purpose, an incident heat flux calibration curve shall be determined by the following procedures.

- a) Place the heat flux meter, which is located in the centre of a dummy test specimen board, in the test specimen position.
- b) Place the burner (see 5.2) in position.
- c) Place the radiation heat shield in position (see Figure 3, position a).
- d) Ignite the gas and adjust the gas flow rate to an appropriate value.

NOTE For heat fluxes in the range 30 kW/m^2 to 60 kW/m^2 , a gas flow of $105 \text{ cm}^3/\text{min}$ has been found to be suitable. For heat fluxes in the range 55 kW/m^2 to 75 kW/m^2 , a gas flow of $160 \text{ cm}^3/\text{min}$ has been found to be suitable.

- e) Wait for a period of at least 5 min to allow the burner conditions to reach equilibrium.
- f) The radiant heat shield shall then be removed and the output of the heat flux meter shall be recorded for 5 min (see Figure 3, position b).
- g) Perform this measurement for several different distances between the lower surface of the heat flux meter and the top of the burner tube, so as to obtain a range of incident heat flux values between 30 kW/m² and 75 kW/m².
- h) Plot a calibration curve of incident heat flux as a function of the distance, and obtain by interpolation the distances which correspond to the heat fluxes of 30 kW/m², 35 kW/m², 40 kW/m², 45 kW/m², 50 kW/m², 55 kW/m², 60 kW/m², 65 kW/m², 70 kW/m², and 75 kW/m² (see Annex A).

The temperature of cooling water for the heat flux meter shall be maintained above the ambient temperature in order to avoid water condensation on the sensing surface (see ISO 14934-4:2014).

8.2 Determination of ignition times

The test shall be conducted under a selected incident heat flux value, in terms of the distance between the top of the burner and the lower surface of the test specimen and the gas flow rate to the burner, obtained in accordance with 8.1.

For the purposes of this test method, ignition is as defined in 3.5.

- a) Adjust the distance between the top of the burner and lower surface of the test specimen and gas flow rate to the burner in order to obtain the selected incident heat flux value.
- b) Ignite the burner and wait for a period of at least 5 min to allow the burner conditions to reach equilibrium.
- c) Place the radiation heat shield in position (see Figure 3, position a).
- d) Place the test specimen in the test specimen position (see Figure 1).
- e) Pull aside the radiant heat shield (see Figure 3, position b) and simultaneously start the timing device.
- f) Observe the test specimen and note if phenomena such as deformation, cracking and melting occur.
- g) If the test specimen ignites within 120 s, observe the flaming combustion for at least 5 s, record the time to ignition (t_{ig}) and return the radiation shield to position a. The test can be stopped if sustained combustion has been observed for at least 5 s.
- h) If the test specimen does not ignite within 120 s, record the failure to ignite, and return the radiation shield to position a.
- i) Repeat d) to h) above two additional times with a new test specimen each time and under the same test conditions.
- j) Calculate and record $\bar{t}_{ig}$, the arithmetic mean of the three ignition times.

NOTE If dripping or melting occurs which adversely affect the test results, the test results would be considered invalid.

8.3 Repetition of the test at different heat flux values

The incident heat flux shall be chosen within the range from 30 kW/m² to 75 kW/m² and shall be a multiple of 5 kW/m².

The tests shall be carried out until the highest incident heat flux value at which $\bar{t}_{ig}$ is greater than 120 s is determined.

NOTE It might be efficient to start the test at a incident heat flux which is in the middle of the range from 30 kW/m² to 75 kW/m², for example 50 kW/m².

9 Evaluation of test results

9.1 Average ignition time $\bar{t}_{ig}$

Calculate the average ignition time $\bar{t}_{ig}$ for each incident heat flux value used in the tests. When ignition and non-ignition occur in the three tests, the average shall not be calculated. When all three specimens do not ignite within 120 s, record " $\bar{t}_{ig}$ is greater than 120 s".

9.2 Report format for CHFI

The CHFI shall be reported in the following manner.

When three test specimens of thickness X mm do not ignite after 120 s exposure, and the heat flux H is the maximum multiple of 5 kW/m² at which this occurs, then this incident heat flux shall be determined as the CHFI, and reported in the following format:

$$\text{CHFI: } H \text{ kW/m}^2 / X \text{ mm}$$

for example, for a test specimen of 3,0 mm thickness and the maximum heat flux, at which $\bar{t}_{ig}$ is greater than 120 s, is 50 kW/m²:

$$\text{CHFI: } 50 \text{ kW/m}^2 / 3,0 \text{ mm}$$

If the three test specimens do not ignite at the heat flux value of 75 kW/m², CHFI shall be reported as:

$$\text{CHFI: } >75 \text{ kW/m}^2 / \text{thickness}$$

If $\bar{t}_{ig}$ is less than 120 s at 30 kW/m², the CHFI shall be reported as:

$$\text{CHFI: } <30 \text{ kW/m}^2 / \text{thickness}$$

Examples for supporting tools for the purposes of calculations and reporting can be found in Annex B (Figures B.1, B.2 and B.3, and Table B.1).

9.3 Precision data

Precision data for this test method were collected in a preliminary inter-laboratory trial. The results of these tests are summarised in Annex C (including in Table C.1 and Figures C.1 to C.6).

10 Test report

The test report shall include the following information:

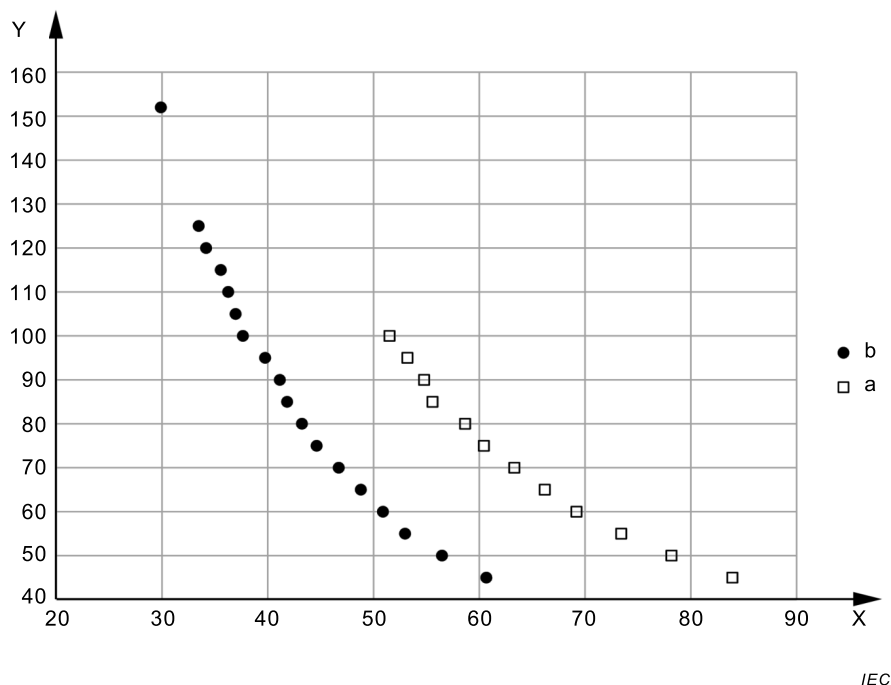
- a reference to this technical specification;
- the type, description and dimensions of the test specimen (see Clause 6);
- the method of preparation of the test specimen (see Clause 6);
- conditioning, if any, of the test specimens (see 6.4);
- phenomena, if any, other than ignition such as deformation, cracking and melting (see 8.2 f);
- the number of test specimens tested for each incident heat flux value;
- all test results and $\bar{t}_{ig}$ values for each incident flux applied (see Clause 9), and
- the CHFI value according to 9.2.

Annex A (informative)

An example of the calibration curve of incident heat flux versus the distance between the top of the burner tube and the lower surface of the test specimen

A.1 Calibration curves

An example of a calibration curve of incident heat flux versus distance between the top of the burner tube and the lower surface of the test specimen is given in Figure A.1, and the calibration data used to plot this curve are given in Tables A.1 and A.2.



Key

- a Calibration curve @ Gas flow rate = 105 cm³/min
- b Calibration curve @ Gas flow rate = 160 cm³/min
- X Incident heat flux (kW/m²)
- Y Distance between the top of the burner and the lower surface of the test specimen (mm)

Figure A.1 – Calibration curve (example)

Table A.1 – Calibration data (examples of actual measured data as shown in Figure A.1)

Distance between the the top of the burner tube and the test specimen (mm)	Heat flux (kW/m ²)	
	Gas flow rate = 105 cm ³ /min	Gas flow rate = 160 cm ³ /min
152,0	29,9	–
125,0	33,47	–
120,0	34,17	–
115,0	35,56	–
110,0	36,26	–
105,0	36,96	
100,0	37,65	51,52
95,0	39,75	53,21
90,0	41,14	54,79
85,0	41,83	55,58
80,0	43,23	58,66
75,0	44,62	60,44
70,0	46,72	63,32
65,0	48,81	66,19
60,0	50,90	69,19
55,0	52,99	73,42
50,0	56,48	78,18
45,0	60,67	83,93
The temperature of cooling water was 40 °C. Each measurement of heat flux was continued for 5 min.		

Table A.2 – Calibration data (examples of interpolated values)

Heat flux (kW/m ²)	Distance between the top of the burner tube and the test specimen (mm)	
	Gas flow rate = 105 cm ³ /min	Gas flow rate = 160 cm ³ /min
30	150,0	–
35	117,1	–
40	92,7	–
45	75,0	–
50	62,7	103,4
55	54,1	89,3
60	47,5	77,2
65	–	67,0
70	–	58,8
75	–	52,5
The temperature of cooling water was 40 °C. Each measurement of heat flux was continued for 5 min.		

Annex B (informative)

Examples of ignition times with various materials of 3 mm thickness

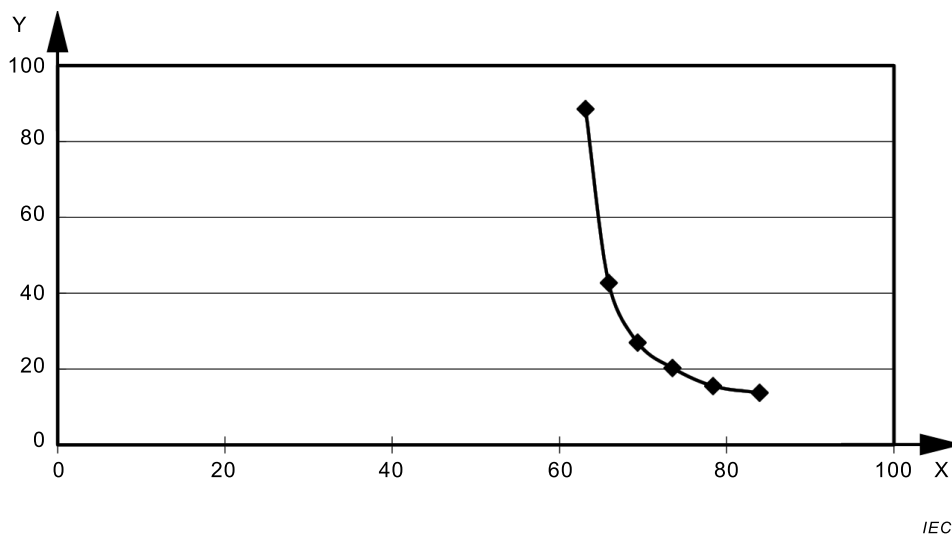
B.1 Materials tested

The following materials were tested.

PMMA – Poly(methyl methacrylate)

ABS – Acrylonitrile butadiene styrene

HIPS – High-impact polystyrene



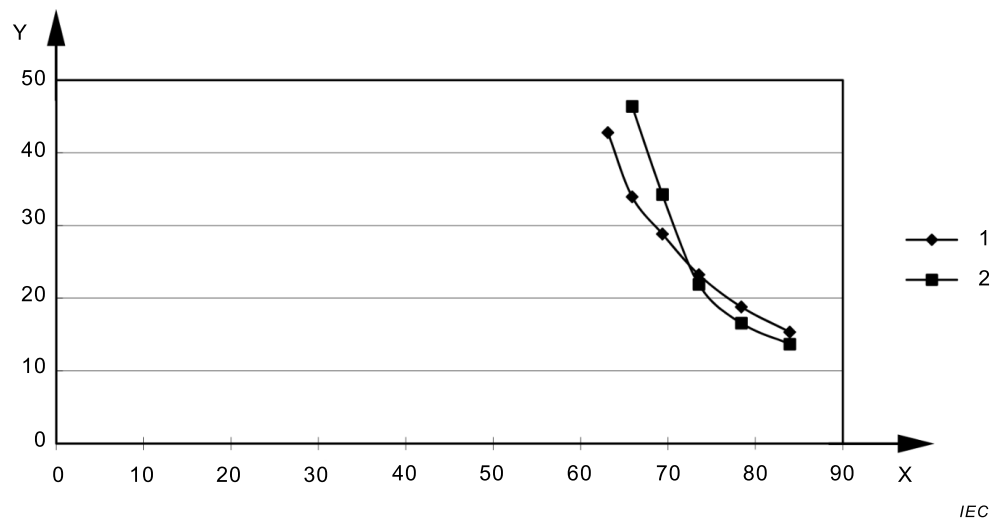
Key

X Incident heat flux (kW/m²)

Y Ignition times (s)

Figure B.1 – Example of ignition times of PMMA

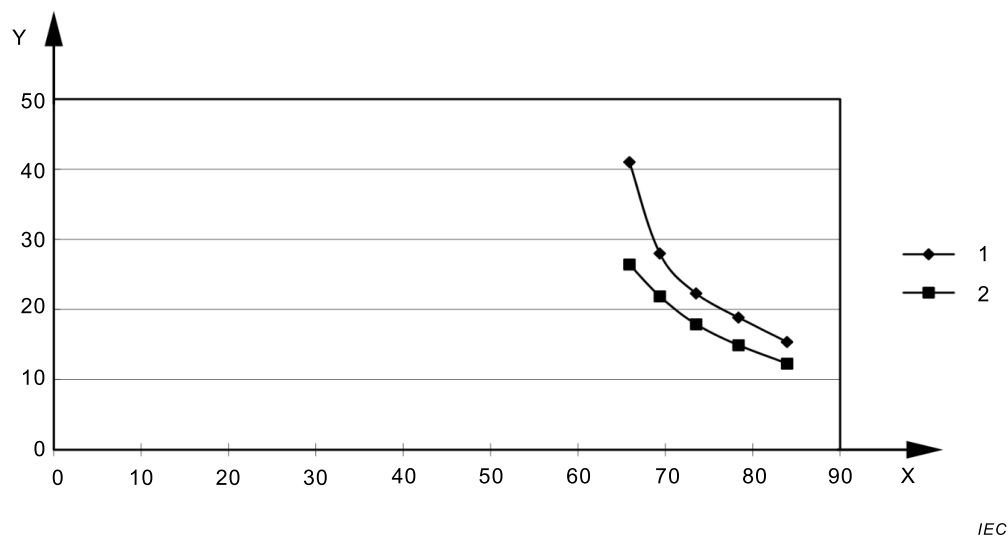
NOTE CHFI for PMMA: 60 kW/m² / 3,0 mm

**Key**X Incident heat flux (kW/m²)

Y Ignition times (s)

1 ABS 1

2 ABS 2

Figure B.2 – Ignition times for ABS (example)NOTE 1 CHF_I for ABS 1: 60 kW/m² / 3,0 mmNOTE 2 CHF_I for ABS 2: 60 kW/m² / 3,0 mm**Key**X Incident heat flux (kW/m²)

Y Ignition times (s)

1 HIPS 1

2 HIPS 2

Figure B.3 – Ignition times for HIPS (example)NOTE 1 CHF_I for HIPS 1: 60 kW/m² / 3,0 mmNOTE 2 CHF_I for HIPS 2: 60 kW/m² / 3,0 mmNOTE 3 The temperature of the cooling water used was 40 °C. Measurement of each heat flux was continued for 5 min. The gas flow rate used to obtain each heat flux was 160 cm³/min.

Table B.1 – Illustrative example of tabulated results

Thickness		
Heat flux (kW/m ²)	t_{ig} (s)	$\bar{t}_{ig}$ (s)
70	26, 24, 22	24
65	44, 50, 56	50
60	N, N, 116	X
55	N, N, N	N
CHF _I = 55 kW/m ²		
N = no ignition within 120 s X = Inconclusive result		

Annex C (informative)

Precision data

C.1 General

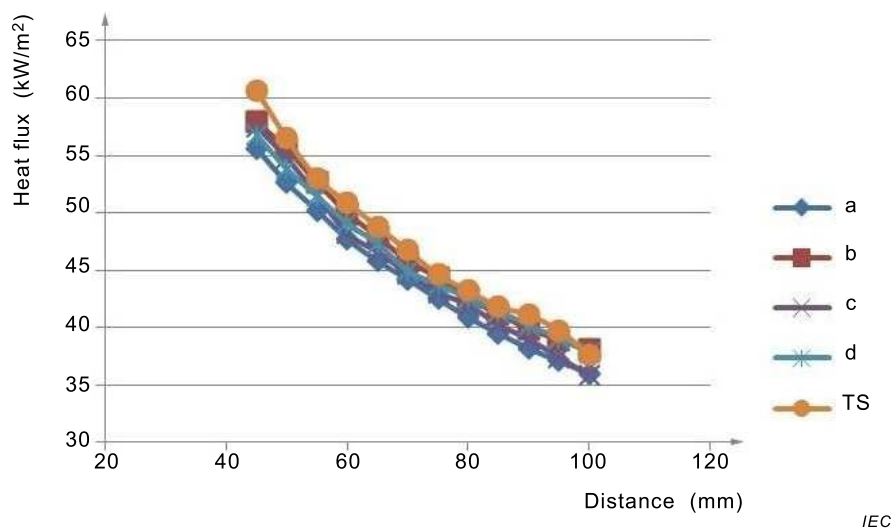
A preliminary inter-laboratory trial has been carried out in which replicate batches of four materials (hereunder referred to as material A, material B, material C and material D) were tested at four laboratories in accordance with this part of IEC 60695.

Since this preliminary inter-laboratory trial did not fully satisfy the condition for international laboratory trials in ISO 5725-2 due to an insufficient number of participating laboratories, repeatability and reproducibility were not obtained in accordance with ISO 5725-2.

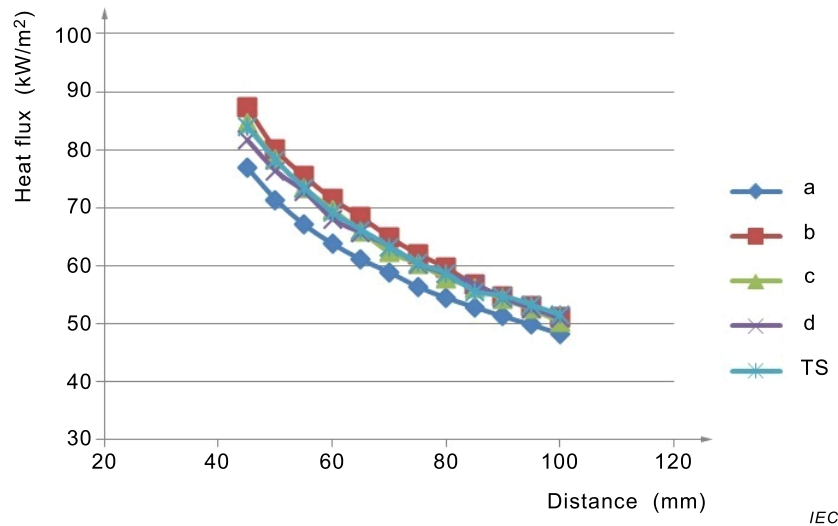
Nevertheless, some analysis on the test data was conducted as follows.

C.2 Heat flux versus distance at different Gas flow rates

Incident heat flux to the specimen position in terms of distance between the burner top and lower surface of the specimen was measured in the participating laboratories (laboratories a, b, c and d) as shown in Figures C.1 and C.2. "TS" in the figures means the value in Annex A of this technical specification. These figures show that relatively good agreement on the test condition of incident heat flux was obtained among participating laboratories.



**Figure C.1 – Incident heat flux calibration curve
(Gas flow rate = 105 cm³/min)**



**Figure C.2 – Incident heat flux calibration curve
(Gas flow rate = 160 cm³/min)**

C.3 Repeatability

Participating laboratories conducted the tests under different conditions of incident heat flux to the specimen. Therefore, while data on the repeatability of the tests within the test laboratories were obtained, reproducibility among the test laboratories could not be obtained. Table C.1 presents the repeatability data. Relatively good repeatability (as indicated by the standard deviation values) was observed.

Table C.1 – Precision data of ignition time

	Material A			Material B			Material C			Material D		
	HF	Av3	Std.i	HF	Av3	Std.i	HF	Av3	Std.i	HF	Av3	Std.i
Repeatability of Laboratory ^a	62,1	36,8	1,5				61,9	52,3	3,3	61,9	34,0	1,9
	68,4	26,4	0,9	67,8	16,8	1,5	67,8	30,2	0,4	67,8	28,4	0,8
	71,4	21,0	1,5	71,7	12,2	0,4	71,7	23,8	0,4	71,7	29,6	2,2
Repeatability of Laboratory ^b	65,0	43,3	2,3	64,2	41,2	3,6	64,2	48,4	4,8	64,2	37,8	5,4
	70,0	31,3	1,2	67,2	16,6	1,1	67,2	34,8	0,8	67,2	28,4	1,1
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Repeatability of Laboratory ^c	60,9	40,4	0,9	–	–	–	60,4	56,1	2,5	60,9	39,0	2,1
	67,1	27,4	1,1	65,7	27,8	2,6	66,0	33,6	0,5	67,1	32,0	1,6
	70,2	25,0	0,7	69,2	14,8	0,8	69,7	26,2	0,8	70,2	29,2	1,5
Repeatability of Laboratory ^d	56,4	49,6	5,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	61,1	33,4	1,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	63,8	26,2	0,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–

HF Incident heat flux (kW/m²)

Av3 Average ignition time (s) for three measured test specimens

Std.i Standard deviation of the ignition times, i.e. the repeatability within the test laboratory

In order to obtain formal precision data in accordance with ISO 5725-2, it will be necessary to conduct a full set of inter-laboratory tests.

C.4 Calculations and plots

The inverse number of the measured ignition time $1/t_{ig}$ is plotted against the incident heat flux as shown in Figures C.3 to C.6. The data of the preliminary inter-laboratory trial show that t_{ig} and $1/t_{ig}$ can be obtained among laboratories in relatively good agreement and, as shown in these figures, nearly linear relationship between $1/t_{ig}$ and the incident heat flux can be obtained by this test method.

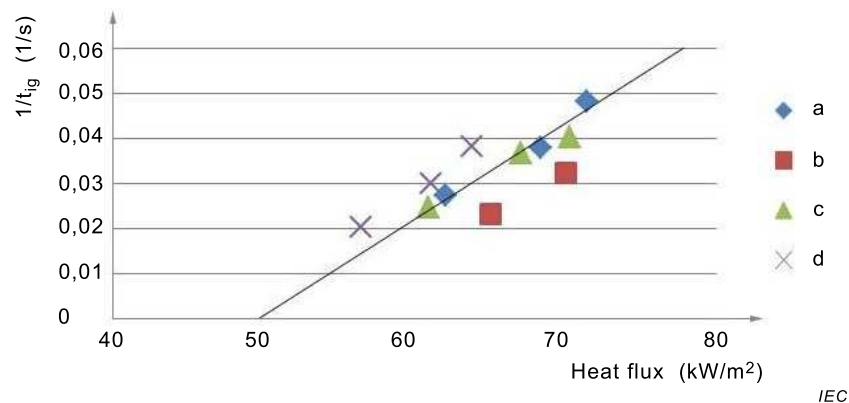


Figure C.3 – $1/t_{ig}$ for Material A

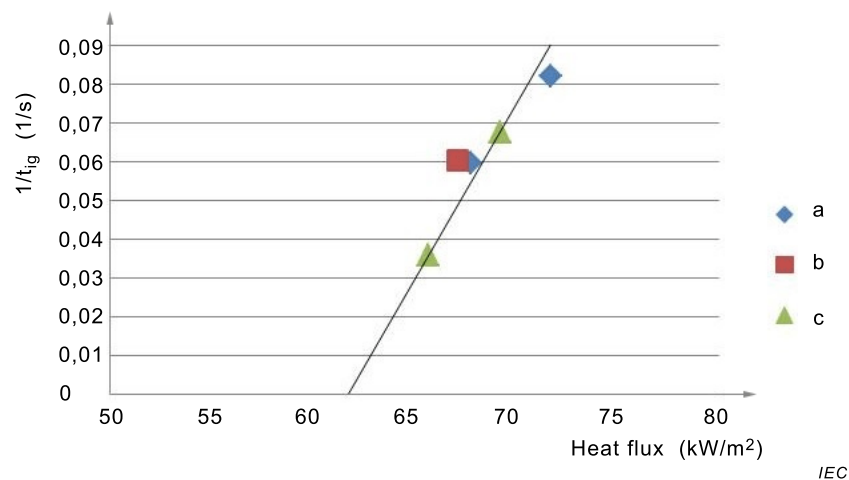


Figure C.4 – $1/t_{ig}$ for Material B

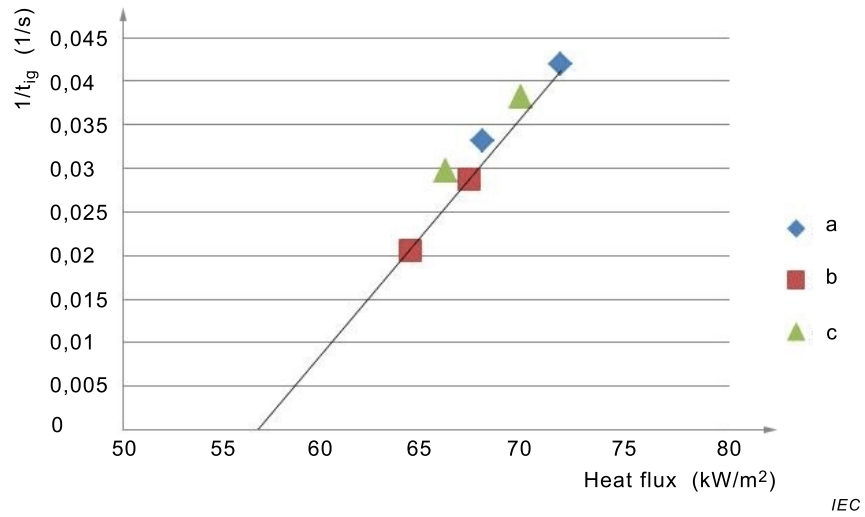


Figure C.5 – $1/t_{ig}$ for Material C

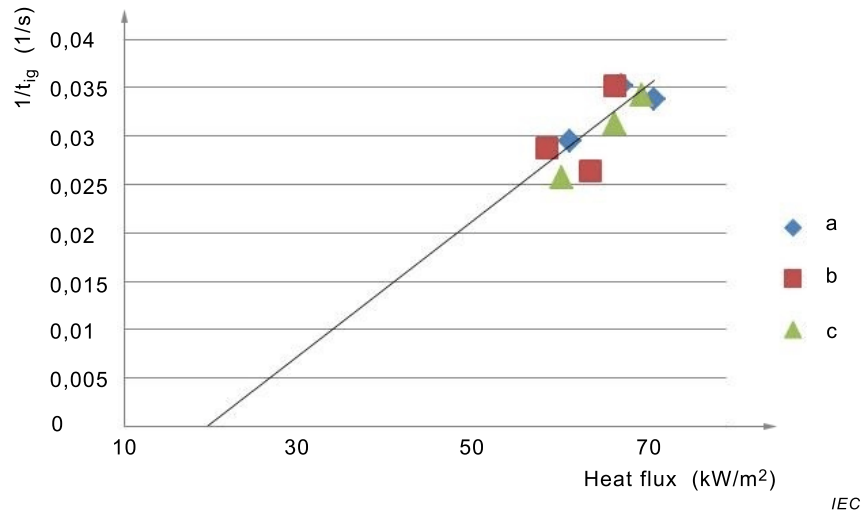


Figure C.6 – $1/t_{ig}$ for Material D

Bibliography

- [1] IEC 60695-11-10, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*
 - [2] IEC 60695-11-20, *Fire hazard testing – Part 11-20: Test flames – 500 W flame test method*
 - [3] ISO 4589-2, *Plastics – Determination of burning behaviour by oxygen index – Part 2: Ambient temperature test*
 - [4] ISO 10093, *Plastics – Fire tests – Standard ignition sources*
 - [5] ISO 14934-3, *Fire tests – Calibration and use of heat flux meters – Part 3: Secondary calibration method*
 - [6] 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*
 - [7] IEC 60695-1-10, *Fire hazard testing – Part 1-10: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – General guidelines*
 - [8] IEC 60695-1-11, *Fire hazard testing – Part 1-11: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Fire hazard assessment*
 - [9] IEC 60695-4:2012, *Fire hazard testing – Part 4: Terminology concerning fire tests for electrotechnical products*
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	28
INTRODUCTION.....	31
1 Domaine d'application.....	32
2 Références normatives	32
3 Termes et définitions	33
4 Principe de l'essai	34
5 Appareillage	34
5.1 Montage d'essai.....	34
5.2 Brûleur et flamme d'essai	35
5.3 Appareil de mesure du flux de chaleur	36
5.4 Système d'acquisition de données.....	36
5.5 Plaque éprouvette fictive	36
5.6 Obturateur	36
5.7 Dispositif de chronométrage	37
5.8 Conditionnement.....	37
5.9 Support de l'éprouvette	37
5.10 Support du brûleur	37
5.11 Miroir d'observation.....	37
6 Epreuve.....	37
6.1 Préparation des éprouvettes.....	37
6.2 Dimensions des éprouvettes.....	38
6.3 Plages d'essai suivant la formulation	38
6.3.1 Généralités	38
6.3.2 Densité, indices de fluidité et matière de remplissage ou de renforcement	38
6.3.3 Couleur.....	38
6.4 Conditionnement des éprouvettes.....	38
7 Conditions d'essai	39
8 Procédure d'essai.....	39
8.1 Détermination de la courbe d'étalonnage du flux de chaleur incident	39
8.2 Détermination des temps d'allumage	39
8.3 Répétition de l'essai avec différentes valeurs du flux de chaleur.....	40
9 Evaluation des résultats d'essai	40
9.1 Temps moyen d'allumage $\bar{t}_{ig}$	40
9.2 Format de rapport pour CHFI.....	40
9.3 Précision data	41
10 Rapport d'essai	41
Annexe A (informative) Exemple de courbe d'étalonnage d'un flux de chaleur incident par rapport à la distance entre le sommet du tube du brûleur et la surface inférieure de l'éprouvette	42
A.1 Courbes d'étalonnage	42
Annexe B (informative) Exemples de temps d'allumage avec différents matériaux de 3 mm d'épaisseur	44
B.1 Matériaux soumis aux essais.....	44
Annexe C (informative) Données de précision	47

C.1	Généralités	47
C.2	Flux de chaleur par rapport à la distance à différents débits de gaz	47
C.3	Répétabilité	48
C.4	Calculs et tracés	49
	Bibliographie	51
	Figure 1 – Montage et emplacement de l'éprouvette et du brûleur	35
	Figure 2 – Plaque éprouvette fictive	36
	Figure 3 – Structure de l'obturateur	37
	Figure A.1 – Courbe d'étalonnage (exemple)	42
	Figure B.1 – Exemple de temps d'allumage de PMMA	44
	Figure B.2 – Temps d'allumage pour ABS (exemple)	45
	Figure B.3 – Temps d'allumage pour HIPS (exemple)	45
	Figure C.1 – Courbe d'étalonnage du flux de chaleur incident (Débit de gaz = 105 cm ³ /min)	47
	Figure C.2 – Courbe d'étalonnage du flux de chaleur incident (Débit de gaz = 160 cm ³ /min)	48
	Figure C.3 – $1/t_{ig}$ pour le matériau A	49
	Figure C.4 – $1/t_{ig}$ pour le matériau B	49
	Figure C.5 – $1/t_{ig}$ pour le matériau C	50
	Figure C.6 – $1/t_{ig}$ pour le matériau D	50
	Tableau A.1 – Données d'étalonnage (exemples des données mesurées réelles telles qu'elles sont représentées à la Figure A.1)	43
	Tableau A.2 – Données d'étalonnage (exemples de valeurs interpolées)	43
	Tableau B.1 – Exemple d'illustration des résultats calculés	46
	Tableau C.1 – Données de précision du temps d'allumage	48

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 11-11: Flammes d'essai – Détermination du flux de chaleur caractéristique pour l'allumage à partir d'une flamme source sans contact

AVANT-PROPOS

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

La tâche principale des comités d'études de l'IEC 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.

L'IEC TS 60695-11-11, qui est une spécification technique, a été établie par le comité d'études 89 de l'IEC: Essais relatifs aux risques du feu.

Elle a le statut de publication fondamentale de sécurité, conformément au Guide IEC 104 et au Guide ISO/IEC 51.

Cette deuxième édition de l'IEC TS 60695-11-11 annule et remplace la première édition parue en 2008. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) Corrections éditoriales dans le texte;
- b) Mise à jour de l'introduction;
- c) Mise à jour des références normatives;
- d) Incorporation de nouveaux résultats d'essais interlaboratoires; et
- e) Ajout des "Données de précision" dans l'Annexe C (informative).

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

Projet d'enquête	Rapport de vote
89/1227/DTS	89/1248/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/IEC, Partie 2.

La présente spécification technique doit être utilisée conjointement avec l'IEC 60695-11-4.

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

La Partie 11 comprend les parties suivantes:

- Partie 11-2: Flammes d'essai – Flamme à prémélange de 1 kW nominal – Appareillage, disposition d'essai de vérification et indications
- Partie 11-3: Flammes d'essai – Flammes de 500 W – Appareillage et méthodes d'essai de vérification
- Partie 11-4: Flammes d'essai – Flamme de 50 W – Appareillage et méthodes d'essai de vérification
- Partie 11-5: Flammes d'essai – Méthode d'essai au brûleur-aiguille – Appareillage dispositif d'essai de vérification et lignes directrices
- Partie 11-10: Flammes d'essai – Méthodes d'essai horizontal et vertical à la flamme de 50 W
- Partie 11-11: Flammes d'essai – Détermination du flux de chaleur caractéristique pour l'allumage à partir d'une flamme source sans contact
- Partie 11-20: Flammes d'essai – Méthodes d'essai à la flamme de 500 W
- Partie 11-21: Flammes d'essai – Méthode d'essai à la flamme verticale de 500 W pour matériaux tubulaires polymères
- Partie 11-30: Flammes d'essai – Historique et développement de 1979 à 1999
- Partie 11-40: Flammes d'essai – Essais de confirmation – Guide

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

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

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Lors de la conception de tout produit électrotechnique, il est nécessaire de prendre en compte le risque de feu et les dangers potentiels associés. A cet égard, l'objectif lors de la conception des composants, des circuits et des équipements, ainsi que lors du choix des matériaux, est de réduire les risques d'incendie à un niveau tolérable même dans le cas d'une (mauvaise) utilisation raisonnablement prévisible, d'un mauvais fonctionnement ou d'une défaillance. L'IEC 60695-1-10, ainsi que la norme d'accompagnement IEC 60695-1-11, fournissent des lignes directrices sur la façon de procéder.

Les feux impliquant des produits électrotechniques peuvent également être déclenchés par des sources non électriques externes. De tels cas sont traités dans l'évaluation globale des dangers d'incendie.

La série de normes IEC 60695 a pour objectif de sauver des vies et protéger des biens matériels en réduisant le nombre d'incendies ou en minimisant leurs conséquences. Cet objectif peut être atteint en

- tentant de prévenir l'allumage provoqué par une partie d'un composant sous tension, et dans l'éventualité d'un allumage, de circonscrire le feu qui en résulte dans les limites de l'enveloppe du produit électrotechnique.
- tentant de minimiser la propagation de la flamme au-delà de l'enveloppe du produit et de minimiser les effets nuisibles des effluents du feu, y compris la chaleur, les fumées et les produits de combustion toxiques ou corrosifs.

La présente spécification technique est à utiliser pour mesurer et décrire les propriétés des matériaux utilisés pour les produits et les sous-ensembles électrotechniques en réponse à la chaleur provenant d'une flamme source sans contact dans des conditions de laboratoire contrôlées, et n'est pas à utiliser pour décrire ou apprécier le danger du feu ou le risque d'incendie des matériaux, des produits ou des ensembles dans des conditions de feu réelles. Toutefois, les résultats de cet essai peuvent être utilisés comme éléments d'évaluation d'un danger d'incendie qui tient compte de tous les facteurs qui sont pertinents pour une évaluation du danger d'incendie dans une utilisation finale spécifique. Une éprouvette prélevée sur un produit fini ou un sous-ensemble peut être soumise aux essais de la présente méthode.

Cette spécification technique peut mettre en œuvre des matériaux, des opérations et des matériels dangereux. Elle ne prétend pas couvrir tous les problèmes de sécurité liés à son utilisation. Il est de la responsabilité de l'utilisateur d'établir des pratiques d'hygiène et de sécurité appropriées et de déterminer l'applicabilité des limitations réglementaires avant utilisation.

Des méthodes d'essai pour déterminer l'inflammabilité par le contact d'une flamme ont déjà été développées et normalisées, par exemple l'IEC 60695-11-10 [1]¹, l'IEC 60695-11-20 [2]¹ et l'ISO 4589-2 [3]¹.

Il s'agit de la première méthode d'essai pour déterminer le flux de chaleur caractéristique pour l'allumage (CHFI, *characteristic heat flux for ignition*) des matériaux utilisés pour les produits et les sous-ensembles électrotechniques à partir d'une flamme source sans contact. Le CHFI caractérise le comportement d'allumage en termes de flux de chaleur incident. La présente méthode d'essai simule le comportement au feu des matériaux utilisés pour les produits électrotechniques dans lesquels une flamme source existe à proximité de ces éléments mais sans être en contact avec eux. Un exemple est une flamme de bougie à proximité d'un produit électrotechnique.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 11-11: Flammes d'essai – Détermination du flux de chaleur caractéristique pour l'allumage à partir d'une flamme source sans contact

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60695, qui est une spécification technique décrit une méthode d'essai utilisée pour déterminer le flux de chaleur caractéristique pour l'allumage (CHFI) à partir d'une flamme source qui n'est pas en contact pour les matériaux utilisés dans les produits et les sous-ensembles électrotechniques. Elle donne une relation entre le temps d'allumage et le flux de chaleur incident. Une éprouvette prélevée sur un produit fini ou un sous-ensemble peut être soumise aux essais de la présente méthode d'essai.

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

L'une des responsabilités d'un comité d'études consiste, le cas échéant, à utiliser les publications fondamentales de sécurité dans le cadre de l'élaboration de ses publications. Les prescriptions, les méthodes ou les conditions d'essai de la présente publication fondamentale de sécurité s'appliqueront seulement si elles servent spécifiquement de référence ou sont intégrées dans les publications correspondantes.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60695-11-4, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-4: Flamme d'essai – Flammes de 50 W – Appareillage et méthodes d'essai de vérification*

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

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

ISO 291, *Plastiques – Atmosphères normales de conditionnement et d'essai*

ISO 293, *Plastiques – Moulage par compression des éprouvettes en matières thermoplastiques*

ISO 294 (toutes les parties), *Plastiques – Moulage par injection des éprouvettes de matériaux thermoplastiques*

ISO 295, *Plastiques – Moulage par compression des éprouvettes de matériaux thermodurcissables*

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

ISO 14934-4:2014, *Essais au feu – Étalonnage et utilisation des appareils de mesure du flux thermique – Partie 4: Lignes directrices pour l'utilisation des fluxmètres thermiques dans les essais au feu*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 13943:2008, dont certains sont reproduits ci-dessous à des fins de commodité pour l'utilisateur, ainsi que les suivants, s'appliquent.

3.1

temps moyen d'allumage, $\bar{t}_{ig}$

moyenne arithmétique des trois temps d'allumage mesurés pour un flux de chaleur donné

3.2

**flux de chaleur caractéristique pour l'allumage
CHFI**

flux de chaleur incident maximal qui est un multiple de 5 kW/m² et auquel $\bar{t}_{ig}$ est supérieur à 120 s

Note 1 à l'article: L'abréviation "CHFI" est dérivée du terme anglais développé correspondant "characteristic heat flux for ignition".

3.3

environnement en air calme

environnement dans lequel les résultats des expériences ne sont pas affectés de manière significative par la vitesse locale de l'air

Note 1 à l'article: Un exemple qualitatif en est l'environnement dans lequel une flamme de bougie de cire demeure fondamentalement stable. Les exemples quantitatifs sont illustrés par des essais au feu à petite échelle dans lesquels une vitesse maximale de l'air de 0,1 m/s ou 0,2 m/s est parfois spécifiée.

[SOURCE: ISO 13943:2008, 4.70]

3.4

flux de chaleur

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

Note 1 à l'article: Il est exprimé en watts par mètre carré (W/m²).

[SOURCE: ISO/IEC 13943:2008, 4.173]

3.5

allumage

début de combustion qui donne lieu à une combustion avec flamme persistante pendant au moins 5 s

Note 1 à l'article: Le terme «ignition» a en français un sens très différent [état d'un corps en combustion].

3.6

flux de chaleur incident

flux de chaleur reçu par la surface d'une éprouvette

[SOURCE: IEC 60695-4:2012, 3.2.15]

4 Principe de l'essai

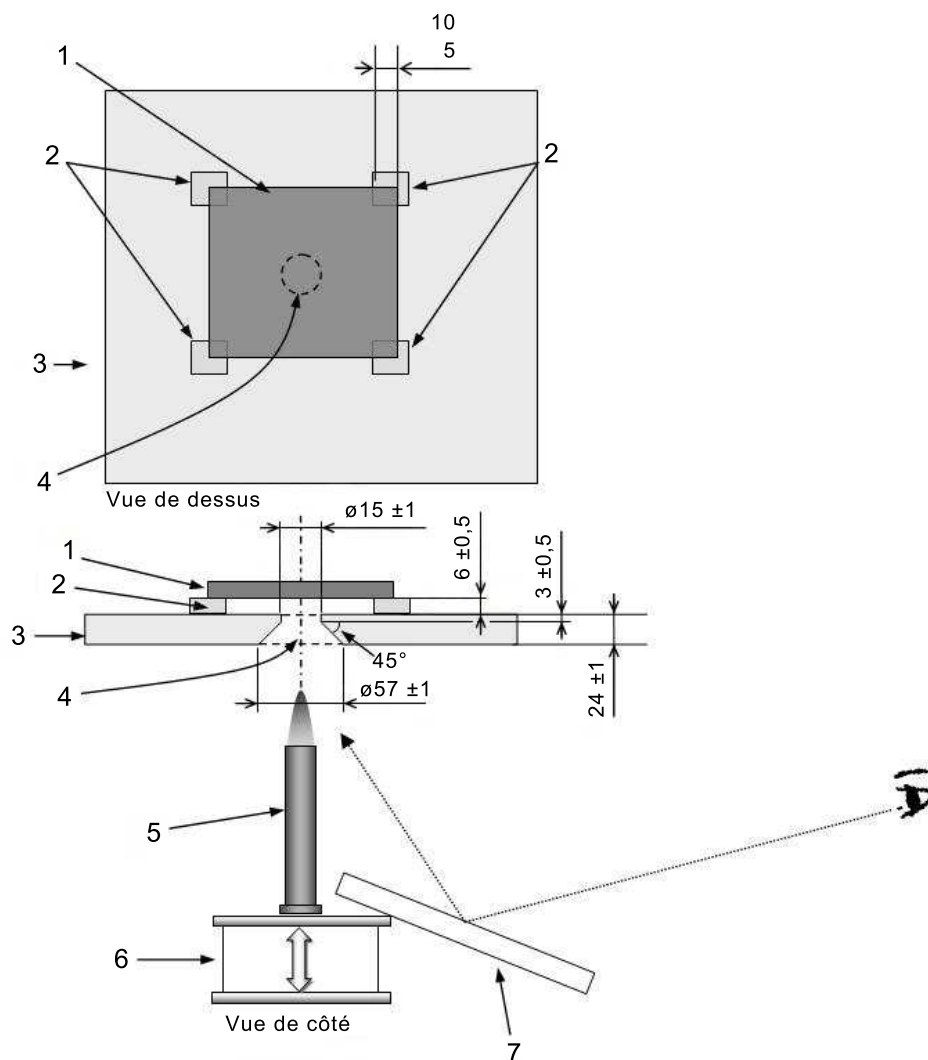
Le flux de chaleur incident est mesuré en utilisant l'appareillage décrit en 5.3 et 5.4. La valeur du flux de chaleur incident est contrôlée en modifiant la distance entre le sommet du tube du brûleur et la surface inférieure de l'éprouvette et en modifiant le débit de gaz vers le brûleur (Voir Annexe A). Le temps nécessaire pour allumer l'éprouvette est mesuré en fonction du flux de chaleur incident. Les essais sont réalisés à différentes valeurs du flux de chaleur incident jusqu'à ce que le flux de chaleur maximal, auquel $\bar{t}_{ig}$ est supérieur à 120 s, et défini comme le flux de chaleur caractéristique pour l'allumage (CHFI), soit obtenu. Les valeurs du flux de chaleur incident, auxquelles les essais sont réalisés, sont choisies dans la plage de 30 kW/m² à 75 kW/m² et doivent être un multiple de 5 kW/m².

5 Appareillage

5.1 Montage d'essai

Le montage et l'emplacement de l'éprouvette et du brûleur sont indiqués à la Figure 1. L'éprouvette et l'obturateur doivent être montés à l'horizontale. Le tube du brûleur doit être monté à la verticale. L'axe de l'éprouvette, le tube du brûleur, le capteur de l'appareil de mesure du flux de chaleur et le trou conique de l'obturateur doivent tous être alignés verticalement. Le capteur de l'appareil de mesure du flux de chaleur doit être placé horizontalement à 6 mm au-dessus de la surface supérieure de l'obturateur avec la surface sensible tournée vers le bas.

Dimensions en millimètres



IEC

Légende

- 1 Eprouvette
- 2 Support de l'éprouvette
- 3 Obturateur
- 4 Trou conique (diamètre du côté du sommet 15 mm)
- 5 Tube du brûleur et flamme d'essai (diamètre intérieur 9,5 mm)
- 6 Support du brûleur (réglable verticalement)
- 7 Miroir

Figure 1 – Montage et emplacement de l'éprouvette et du brûleur

5.2 Brûleur et flamme d'essai

L'appareillage constituant le brûleur de laboratoire doit être conforme à l'IEC 60695-11-4. La taille de la flamme et le débit du gaz seront différents de ceux spécifiés dans l'IEC 60695-11-4, afin d'obtenir la valeur du flux de chaleur nécessaire pour l'essai. La flamme utilisée pour chaque essai doit être maintenue tout au long de celui-ci.

NOTE L'ISO 10093 [4] décrit le brûleur comme source d'allumage P/PF2 (50 W).

5.3 Appareil de mesure du flux de chaleur

L'appareil de mesure du flux de chaleur doit être de type thermopile à refroidissement par l'eau (voir ISO 14934-4:2014), afin de déterminer le flux de chaleur incident appliqué à l'éprouvette.

Lors des mesures du flux de chaleur incident, l'appareil de mesure du flux de chaleur est placé au centre d'une plaque éprouvette fictive, et aucun filtre optique de l'appareil de mesure du flux de chaleur ne doit être aligné avec le capteur.

NOTE 1 La mesure du flux de chaleur incident est d'une importance critique pour les résultats d'essai. L'ISO 14934-3 [5] donne la méthode d'étalonnage pour l'appareil de mesure du flux de chaleur.

NOTE 2 Une thermopile de type Schmidt-Boelter, avec une plage jusqu'à 100 kW/m^2 et un diamètre cible d'environ 12,5 mm, a été considérée comme adaptée.

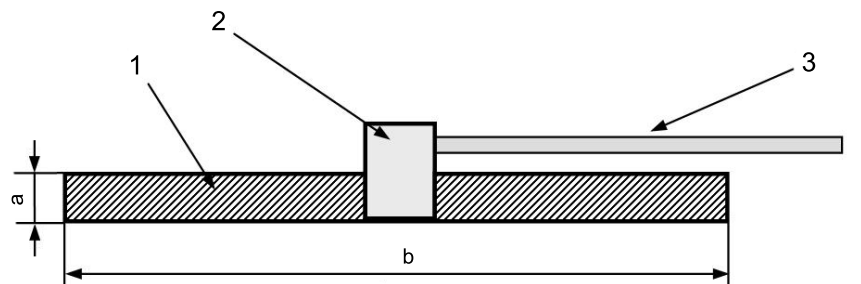
5.4 Système d'acquisition de données

Le voltmètre destiné à mesurer les valeurs de sortie de l'appareil de mesure du flux de chaleur doit avoir une résolution de 0,01 % ou plus pour la plage maximale de sortie.

5.5 Plaque éprouvette fictive

La plaque éprouvette fictive doit avoir des dimensions de $75 \text{ mm} \times 75 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}$ environ, avec un trou situé en son centre dont le diamètre est légèrement supérieur au diamètre extérieur de l'appareil de mesure du flux de chaleur. La plaque doit être réalisée dans un matériau rigide non combustible et résistant à la chaleur. La plaque éprouvette fictive est utilisée avec l'appareil de mesure du flux de chaleur (voir Figure 2) pour la détermination du flux de chaleur incident (voir 8.1).

NOTE Une plaque en silicate de calcium de 12 mm d'épaisseur environ et ayant une densité de chargement d'environ 900 kg/m^3 a été considérée adaptée comme plaque éprouvette fictive.



IEC

Légende

- 1 Plaque éprouvette fictive
- 2 Appareil de mesure du flux de chaleur
- 3 Tuyau de l'eau de refroidissement
- a Environ 12 mm
- b Environ 100 mm

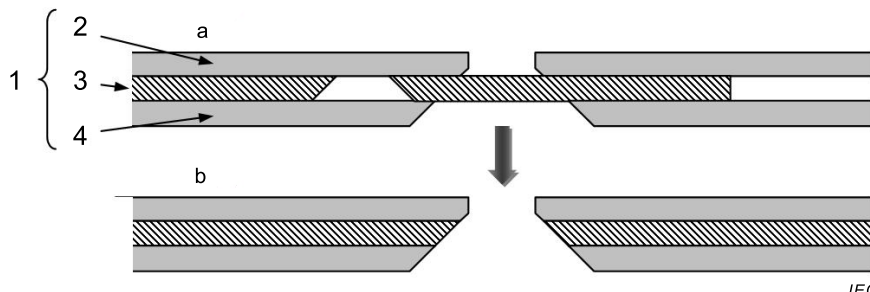
Figure 2 – Plaque éprouvette fictive

5.6 Obturateur

L'obturateur doit être réalisé à partir de trois plaques rigides non combustibles et qui résistent à la chaleur, chacune ayant une densité de $850 \text{ kg/m}^3 \pm 50 \text{ kg/m}^3$ et une épaisseur de $8 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, et l'épaisseur totale des trois cartes non combustibles doit être de $24 \text{ mm} \pm 1,5 \text{ mm}$. Une plaque est insérée entre la plaque supérieure et la plaque inférieure et elle est rendue mobile. Cette plaque mobile constitue l'écran contre la chaleur rayonnante et protège l'éprouvette de la source de chaleur avant le début de l'essai. Il doit y avoir une ouverture de forme conique au centre de l'obturateur. Le diamètre de l'ouverture doit être de

15 mm $\pm$ 1 mm sur la surface supérieure et de 57 mm $\pm$ 1 mm sur la surface inférieure. Une illustration de l'obturateur et de son fonctionnement est représentée à la Figure 3.

NOTE Une plaque de silicate de calcium de la densité exigée a une conductivité thermique de 0,14 W/m/K à 200 °C, 0,15 W/m/K à 400 °C, et 0,17 W/m/K à 600 °C.



Légende

- 1 Obturateur
- 2 Plaque supérieure
- 3 Plaque mobile (Ecran contre la chaleur rayonnante)
- 4 Carte inférieure
- a Emplacement de l'obturateur mobile avant un essai
- b Emplacement de l'obturateur mobile pendant un essai

Figure 3 – Structure de l'obturateur

5.7 Dispositif de chronométrage

Le dispositif de chronométrage doit avoir une résolution d'au moins 0,5 s.

5.8 Conditionnement

L'enceinte de conditionnement doit être maintenue à une température de 23 °C $\pm$ 2 °C, avec une humidité relative de 50 % $\pm$ 10 % (voir ISO 291).

5.9 Support de l'éprouvette

Le support de l'éprouvette doit maintenir une distance de 6 mm $\pm$ 0,5 mm entre la surface inférieure de l'éprouvette et la surface supérieure de l'obturateur.

5.10 Support du brûleur

Le brûleur doit être situé sur un support qui peut être réglé dans le sens vertical. La distance entre le haut du tube du brûleur et la surface inférieure de l'éprouvette doit pouvoir être déterminée en utilisant un appareil de mesure adapté ayant une résolution de 1 mm ou plus.

5.11 Miroir d'observation

Pour observer le comportement d'allumage de l'éprouvette, un miroir d'observation d'environ 100 mm $\times$ 100 mm doit être positionné sous l'obturateur.

6 Eprouvette

6.1 Préparation des éprouvettes

Les éprouvettes doivent être fabriquées en utilisant la méthode ISO appropriée, par exemple coulage et moulage par injection conformément à l'ISO 294, moulage par compression conformément à l'ISO 293 ou l'ISO 295 ou moulage par transfert dans la forme nécessaire.

Lorsque cela est impossible, l'éprouvette doit être réalisée en utilisant le même processus de fabrication que celui qui serait utilisé normalement pour mouler une partie du produit; et si cela n'est pas possible, des éprouvettes doivent être découpées sur un échantillon représentatif du matériau moulé prélevé sur un produit fini.

Après toute opération de prélèvement, il faut veiller à éliminer toutes les poussières et toutes les particules de la surface; les bords coupés doivent être poncés pour obtenir une finition lisse.

6.2 Dimensions des éprouvettes

Les sections planes des éprouvettes doivent avoir une longueur et une largeur d'au moins 77,5 mm $\pm$ 2,5 mm et une épaisseur à l'étude. Les épaisseurs préférentielles pour la présentation des données comparatives incluent 0,4 mm $\pm$ 0,05 mm, 0,75 mm $\pm$ 0,1 mm, 1,5 mm $\pm$ 0,1 mm, 3,0 mm $\pm$ 0,2 mm et 6,0 mm $\pm$ 0,4 mm.

6.3 Plages d'essai suivant la formulation

6.3.1 Généralités

Les résultats des essais effectués sur des jeux d'éprouvettes peuvent varier avec les différences de couleur, d'épaisseur, de densité, de masse moléculaire, de type/direction anisotropes différents, d'additifs ou de matières de remplissage et/ou de renforcement.

6.3.2 Densité, indices de fluidité et matière de remplissage ou de renforcement

Des éprouvettes couvrant toutes les combinaisons des niveaux minimaux et maximaux de densité, d'indices de fluidité et de matières de remplissage et de renforcement peuvent être fournies et être considérées comme représentatives de la gamme si les résultats d'essai donnent le même CHFI. Si les résultats d'essai ne donnent pas le même CHFI pour toutes les éprouvettes représentant la gamme, l'évaluation doit être limitée aux matériaux avec des teneurs spécifiques de densité, d'indice de fluidité et de matières de remplissage et de renforcement soumis aux essais. De plus, les éprouvettes de densité, d'indice de fluidité et de matières de remplissage et de renforcement intermédiaires doivent être soumises aux essais pour déterminer la plage représentative pour chaque détermination du CHFI. Toutefois, en alternative, les performances les moins favorables des niveaux spécifiques de densité, d'indice de fluidité et de matières de remplissage et de renforcement peuvent être considérées comme représentatives des niveaux intermédiaires sans essais supplémentaires.

6.3.3 Couleur

Lors de l'évaluation d'une plage de couleurs, les éprouvettes non colorées et celles ayant la concentration en pigments organiques et inorganiques la plus élevée en poids sont considérées comme représentatives de la plage de couleur si les résultats d'essai donnent le même CHFI. Lorsque certains pigments ont des effets connus sur les caractéristiques d'inflammabilité, les éprouvettes contenant ces pigments doivent également être soumises aux essais. Les éprouvettes qui doivent être soumises aux essais sont celles qui

- a) ne contiennent aucun colorant,
- b) contiennent le taux le plus élevé de pigments organiques,
- c) contiennent le taux le plus élevé de pigments inorganiques,
- d) contiennent des pigments qui sont connus pour compromettre les caractéristiques d'inflammabilité.

6.4 Conditionnement des éprouvettes

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, l'éprouvette doit être conditionnée pendant au minimum 24 h à 23 °C $\pm$ 2 °C et à une humidité relative de 50 % $\pm$ 10 %. Les éprouvettes doivent être soumises aux essais dans l'heure qui suit leur retrait de l'enceinte de conditionnement.

7 Conditions d'essai

Toutes les éprouvettes doivent être soumises aux essais dans une atmosphère de laboratoire en air calme, à une température comprise entre 15 °C et 35 °C et une humidité relative inférieure ou égale à 75 %.

8 Procédure d'essai

8.1 Détermination de la courbe d'étalonnage du flux de chaleur incident

Le flux de chaleur incident qui sera reçu par la surface de l'éprouvette doit être déterminé en fonction de la distance qui sépare le haut du brûleur et la surface inférieure de l'éprouvette et du débit de gaz du brûleur. Une courbe d'étalonnage du flux de chaleur incident doit être déterminée à cet effet en utilisant les procédures suivantes.

- a) Placer l'appareil de mesure du flux de chaleur qui est situé au centre d'une plaque éprouvette fictive dans la position de l'éprouvette.
- b) Placer le brûleur (voir 5.2) en position.
- c) Placer l'écran contre la chaleur rayonnante en position (voir Figure 3, position a).
- d) Allumer le gaz et régler le débit de gaz sur une valeur appropriée.

NOTE Pour les flux de chaleur dans la plage de 30 kW/m² à 60 kW/m², un débit de gaz de 105 cm³/min a été estimé satisfaisant. Pour les flux de chaleur dans la plage de 55 kW/m² à 75 kW/m², un débit de gaz de 160 cm³/min a été estimé satisfaisant.

- e) Attendre au moins 5 min pour permettre au brûleur d'atteindre les conditions d'équilibre.
- f) L'écran contre la chaleur rayonnante doit ensuite être retiré et la valeur en sortie de l'appareil de mesure du flux de chaleur doit être enregistrée pendant 5 min (voir Figure 3, position b).
- g) Réaliser cette mesure pour différentes distances entre la surface inférieure de l'appareil de mesure du flux de chaleur et le haut du tube du brûleur, de manière à obtenir une plage de valeurs du flux de chaleur incident comprise entre 30 kW/m² et 75 kW/m².
- h) Tracer une courbe d'étalonnage du flux de chaleur incident en fonction de la distance et obtenir en interpolant les distances qui correspondent aux flux de chaleur de 30 kW/m², 35 kW/m², 40 kW/m², 45 kW/m², 50 kW/m², 55 kW/m², 60 kW/m², 65 kW/m², 70 kW/m², et 75 kW/m² (voir Annexe A).

La température de l'eau de refroidissement pour l'appareil de mesure du flux de chaleur doit être maintenue au-dessus de la température ambiante pour éviter toute condensation sur la surface sensible (voir ISO 14934-4:2014).

8.2 Détermination des temps d'allumage

L'essai doit être réalisé avec une valeur du flux de chaleur incident choisie en fonction de la distance entre le haut du brûleur et la surface inférieure de l'éprouvette et le débit de gaz vers le brûleur, obtenue conformément à 8.1.

Pour les besoins de la présente méthode d'essai, l'allumage est tel que défini en 3.5.

- a) Régler la distance entre le haut du brûleur et la surface inférieure de l'éprouvette et le débit de gaz vers le brûleur pour obtenir la valeur du flux de chaleur incident choisie.
- b) Allumer le brûleur et attendre au moins 5 min pour permettre au brûleur d'atteindre les conditions d'équilibre.
- c) Placer l'écran contre la chaleur rayonnante en position (voir Figure 3, position a).
- d) Placer l'éprouvette dans la position d'essai (voir Figure 1).
- e) Ecarter l'écran contre la chaleur rayonnante (voir Figure 3, position b) et démarrer simultanément le dispositif de chronométrage.

- f) Observer l'éprouvette et noter si un phénomène comme une déformation, une fissuration et une fusion intervient.
- g) Si l'éprouvette s'allume en l'espace de 120 s, observer la combustion avec flamme pendant au moins 5 s, enregistrer le temps nécessaire à l'allumage (t_{ig}) et ramener l'écran contre les rayonnements en position a. L'essai peut être arrêté si une combustion persistante a été observée pendant au moins 5 s.
- h) Si l'éprouvette ne s'allume pas en l'espace de 120 s, enregistrer la défaillance d'allumage et replacer l'écran contre les rayonnements en position a.
- i) Répéter les étapes d) à h) ci-dessus deux fois supplémentaires en utilisant chaque fois une nouvelle éprouvette et dans les mêmes conditions d'essai.
- j) Calculer et enregistrer $\bar{t}_{ig}$, la moyenne arithmétique des trois temps d'allumage.

NOTE En cas de formation de gouttes d'eau ou de fusion, compromettant les résultats d'essai, ceux-ci seraient considérés comme invalides.

8.3 Répétition de l'essai avec différentes valeurs du flux de chaleur

Les valeurs du flux de chaleur incident doivent être choisies dans la plage de 30 kW/m² à 75 kW/m² et doivent être un multiple de 5 kW/m².

Les essais doivent être réalisés jusqu'à ce que la valeur du flux de chaleur incident la plus élevée à laquelle $\bar{t}_{ig}$ est supérieur à 120 s soit déterminée.

NOTE Il peut être efficace de démarrer l'essai à une valeur du flux de chaleur incident située au milieu de la plage de 30 kW/m² à 75 kW/m², par exemple 50 kW/m².

9 Evaluation des résultats d'essai

9.1 Temps moyen d'allumage $\bar{t}_{ig}$

Calculer le temps moyen d'allumage $\bar{t}_{ig}$ pour chaque valeur du flux de chaleur incident utilisée pour les essais. Lorsque l'allumage et le non-allumage se produisent au cours des trois essais, la moyenne ne doit pas être calculée. Quand les trois éprouvettes ne s'allument pas en l'espace de 120 s, enregistrer " $\bar{t}_{ig}$ est supérieur à 120 s".

9.2 Format de rapport pour CHFI

Le CHFI doit être consigné de la manière suivante.

Lorsque trois éprouvettes d'une épaisseur de X mm ne s'allument pas après 120 s d'exposition, et que le flux de chaleur H est le multiple maximal de 5 kW/m² auquel ceci arrive, alors ce flux de chaleur incident doit être déterminé comme le CHFI, et être consigné en utilisant le format suivant:

$$\text{CHFI: } H \text{ kW/m}^2 - X \text{ mm}$$

par exemple, pour une éprouvette de 3,0 mm d'épaisseur et le flux de chaleur maximal, auquel $\bar{t}_{ig}$ est supérieur à 120 s, est de 50 kW/m²:

$$\text{CHFI: } 50 \text{ kW/m}^2 - 3,0 \text{ mm}$$

Si les trois éprouvettes ne s'allument pas à la valeur du flux de chaleur de 75 kW/m², le CHFI doit être enregistré comme:

$$\text{CHFI: } >75 \text{ kW/m}^2 - \text{épaisseur}$$

Si $\bar{t}_{ig}$ est inférieur à 120 s à 30 kW/m², le CHF_I doit être enregistré comme:

CHF_I: <30 kW/m² – épaisseur

Des exemples d'outils de soutien à des fins de calculs et de rapports peuvent être trouvés dans l'Annexe B (Figures B.1, B.2 et B.3, et Tableau B.1).

9.3 Precision data

Des données de précisions pour cette méthode d'essai ont été collectées dans le cadre d'un essai interlaboratoire préliminaire. Les résultats de ces essais sont résumés dans l'Annexe C (y compris Tableau C.1 et Figures C.1 à C.6).

10 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit comprendre les informations suivantes:

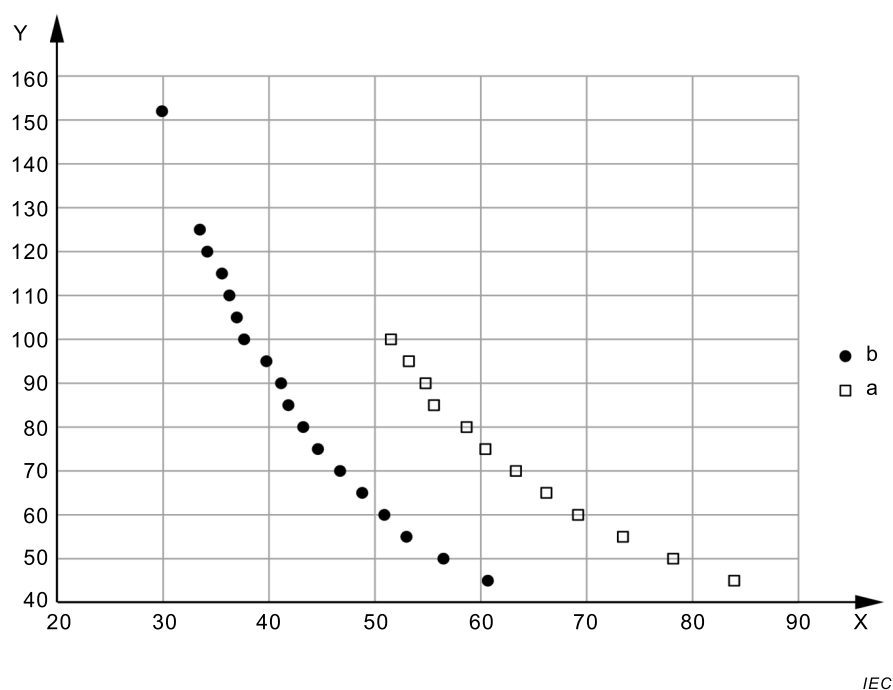
- a) une référence à la présente spécification technique;
- b) le type, la description et les dimensions de l'éprouvette (voir Article 6);
- c) la méthode de préparation de l'éprouvette (voir Article 6);
- d) tout conditionnement des éprouvettes, le cas échéant (voir 6.4);
- e) les phénomènes, le cas échéant, autres que l'allumage comme la déformation, la fissuration et la fusion (voir 8.2 f);
- f) le nombre d'éprouvettes soumises aux essais pour chaque valeur du flux de chaleur incident;
- g) tous les résultats d'essai et toutes les valeurs $\bar{t}_{ig}$ pour chaque flux incident appliqué (voir Article 9), et
- h) la valeur CHF_I conformément à 9.2.

Annexe A (informative)

Exemple de courbe d'étalonnage d'un flux de chaleur incident par rapport à la distance entre le sommet du tube du brûleur et la surface inférieure de l'éprouvette

A.1 Courbes d'étalonnage

Un exemple de courbe d'étalonnage d'un flux de chaleur incident par rapport à la distance entre le sommet du tube du brûleur et la surface inférieure de l'éprouvette est donné à la Figure A.1, et les données d'étalonnage utilisées pour tracer cette courbe sont données aux Tableaux A.1 et A.2.



Légende

- a Courbe d'étalonnage @ Débit de gaz = 105 cm³/min
- b Courbe d'étalonnage @ Débit de gaz = 160 cm³/min
- X Flux de chaleur incident (kW/m²)
- Y Distance entre le haut du brûleur et la surface inférieure de l'éprouvette (mm)

Figure A.1 – Courbe d'étalonnage (exemple)

Tableau A.1 – Données d'étalonnage (exemples des données mesurées réelles telles qu'elles sont représentées à la Figure A.1)

Distance entre le haut du tube du brûleur et l'éprouvette (mm)	Flux de chaleur (kW/m ²)	
	Débit de gaz = 105 cm ³ /min	Débit de gaz = 160 cm ³ /min
152,0	29,9	–
125,0	33,47	–
120,0	34,17	–
115,0	35,56	–
110,0	36,26	–
105,0	36,96	–
100,0	37,65	51,52
95,0	39,75	53,21
90,0	41,14	54,79
85,0	41,83	55,58
80,0	43,23	58,66
75,0	44,62	60,44
70,0	46,72	63,32
65,0	48,81	66,19
60,0	50,90	69,19
55,0	52,99	73,42
50,0	56,48	78,18
45,0	60,67	83,93
La température de l'eau de refroidissement était de 40 °C.		
Chaque mesure du flux de chaleur a été poursuivie pendant 5 min.		

Tableau A.2 – Données d'étalonnage (exemples de valeurs interpolées)

Flux de chaleur (kW/m ²)	Distance entre le haut du tube du brûleur et l'éprouvette (mm)	
	Débit de gaz = 105 cm ³ /min	Débit de gaz = 160 cm ³ /min
30	150,0	–
35	117,1	–
40	92,7	–
45	75,0	–
50	62,7	103,4
55	54,1	89,3
60	47,5	77,2
65	–	67,0
70	–	58,8
75	–	52,5
La température de l'eau de refroidissement était de 40 °C.		
Chaque mesure du flux de chaleur a été poursuivie pendant 5 min.		

Annexe B (informative)

Exemples de temps d'allumage avec différents matériaux de 3 mm d'épaisseur

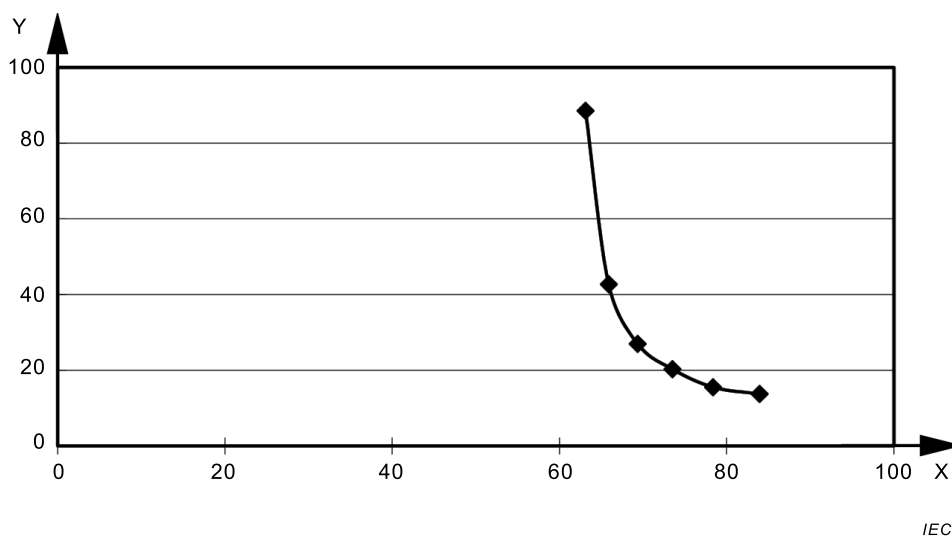
B.1 Matériaux soumis aux essais

Les matériaux suivants ont été soumis aux essais.

PMMA – Poly(méthacrylate de méthyle)

ABS – Acrylonitrile butadiène styrène

HIPS – Polystyrène à impact élevé (*high impact polystyrene*)



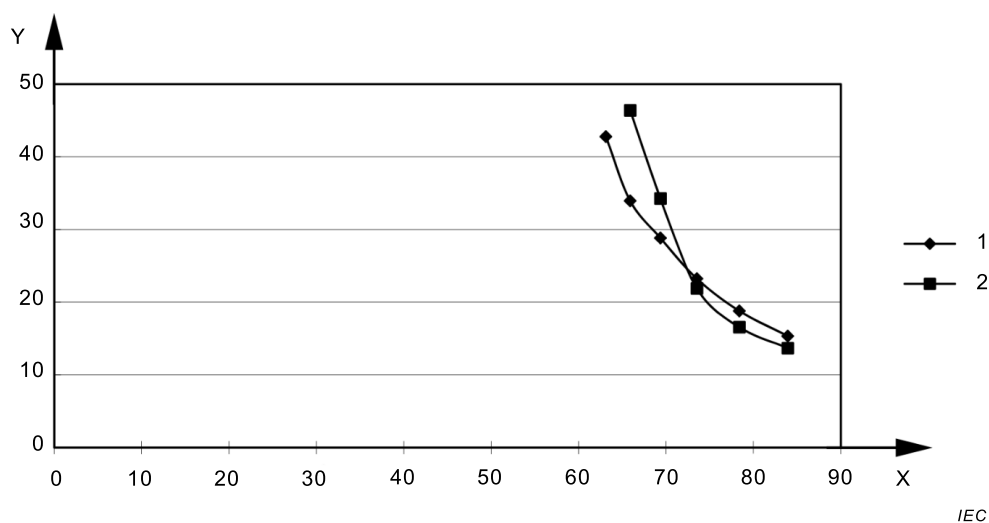
Légende

X Flux de chaleur incident (kW/m²)

Y Temps d'allumage (s)

Figure B.1 – Exemple de temps d'allumage de PMMA

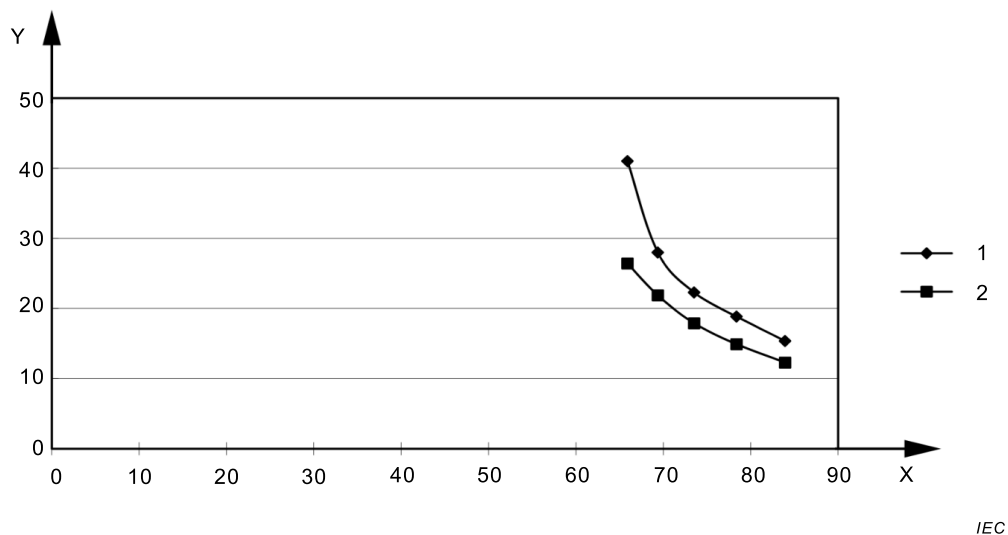
NOTE CHFI pour PMMA: 60 kW/m² – 3,0 mm

**Légende**X Flux de chaleur incident (kW/m²)

Y Temps d'allumage (s)

1 ABS 1

2 ABS 2

Figure B.2 – Temps d'allumage pour ABS (exemple)NOTE 1 CHFI pour ABS 1: 60 kW/m² – 3,0 mmNOTE 2 CHFI pour ABS 2: 60 kW/m² – 3,0 mm**Légende**X Flux de chaleur incident (kW/m²)

Y Temps d'allumage (s)

1 HIPS 1

2 HIPS 2

Figure B.3 – Temps d'allumage pour HIPS (exemple)NOTE 1 CHFI pour HIPS 1: 60 kW/m² – 3,0 mm

NOTE 2 CHF_I pour HIPS 2: 60 kW/m² – 3,0 mm

NOTE 3 La température de l'eau de refroidissement utilisée était de 40 °C. La mesure de chaque flux de chaleur a été poursuivie pendant 5 min. Le débit de gaz utilisé pour obtenir chaque flux de chaleur était de 160 cm³/min.

Tableau B.1 – Exemple d'illustration des résultats calculés

Epaisseur		
Flux de chaleur (kW/m ²)	t_{ig} (s)	$\bar{t}_{ig}$ (s)
70	26, 24, 22	24
65	44, 50, 56	50
60	N, N, 116	X
55	N, N, N	N
CHF _I = 55 kW/m ²		
N = Aucun allumage en l'espace de 120 s		
X = Résultat non concluant		

Annexe C (informative)

Données de précision

C.1 Généralités

Un essai interlaboratoire préliminaire a été réalisé, au cours duquel des lots réitérés de quatre matériaux (ci-dessous désignés matériau A, matériau B, matériau C et matériau D) ont été soumis aux essais dans quatre laboratoires, conformément à la présente partie de l'IEC 60695.

Dans la mesure où cet essai interlaboratoire préliminaire n'a pas totalement satisfait à la condition pour les essais de laboratoires internationaux de l'ISO 5725-2 en raison d'un nombre insuffisant de laboratoires participants, la répétabilité et la reproductibilité n'ont pas été obtenues conformément à l'ISO 5725-2.

Néanmoins, une analyse des données d'essai a été réalisée comme suit.

C.2 Flux de chaleur par rapport à la distance à différents débits de gaz

Le flux de chaleur incident par rapport à la position de l'éprouvette en termes de distance entre le sommet du brûleur et la surface inférieure de l'éprouvette a été mesuré dans les laboratoires participants (laboratoires a, b, c et d), tel que représenté sur les Figures C.1 et C.2. "TS" dans les figures signifie la valeur figurant à l'Annexe A de la présente spécification technique. Ces figures montrent qu'un accord relativement bon sur la condition d'essai du flux de chaleur incident a été obtenu entre les laboratoires participants.

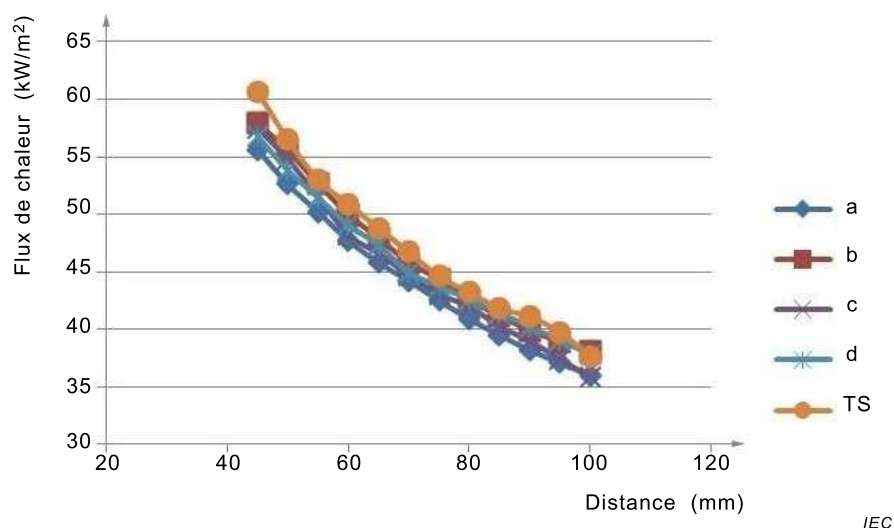


Figure C.1 – Courbe d'étalonnage du flux de chaleur incident (Débit de gaz = 105 cm³/min)

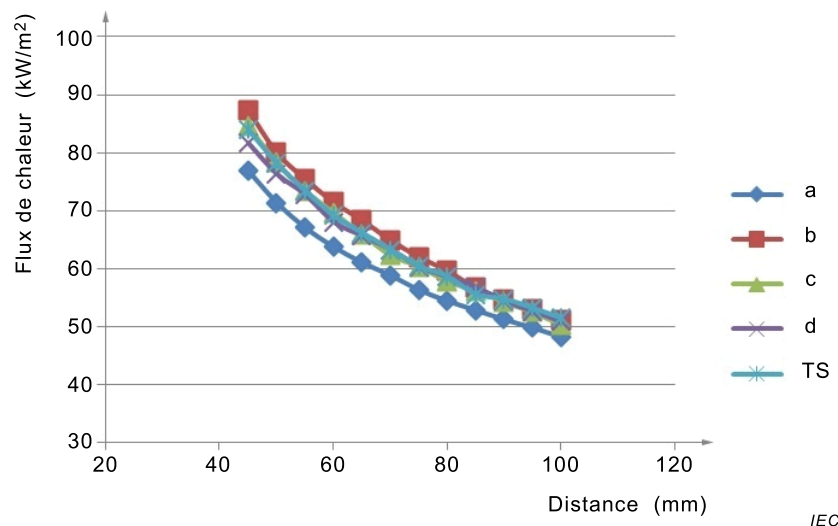


Figure C.2 – Courbe d'étalonnage du flux de chaleur incident (Débit de gaz = 160 cm³/min)

C.3 Répétabilité

Les laboratoires participants ont réalisé les essais dans différentes conditions de flux de chaleur incident appliqué sur l'éprouvette. Par conséquent, tandis que les données relatives à la répétabilité des essais au sein des laboratoires d'essai ont été obtenues, la reproductibilité entre les laboratoires d'essai n'a pas pu être obtenue. Le Tableau C.1 présente les données de répétabilité. Une répétabilité relativement bonne (comme indiquée par les valeurs d'écart type) a été observée.

Tableau C.1 – Données de précision du temps d'allumage

	Matériau A			Matériau B			Matériau C			Matériau D		
	HF	Av3	Std.i	HF	Av3	Std.i	HF	Av3	Std.i	HF	Av3	Std.i
Répétabilité du Laboratoire a	62,1	36,8	1,5				61,9	52,3	3,3	61,9	34,0	1,9
	68,4	26,4	0,9	67,8	16,8	1,5	67,8	30,2	0,4	67,8	28,4	0,8
	71,4	21,0	1,5	71,7	12,2	0,4	71,7	23,8	0,4	71,7	29,6	2,2
Répétabilité du Laboratoire b	65,0	43,3	2,3	64,2	41,2	3,6	64,2	48,4	4,8	64,2	37,8	5,4
	70,0	31,3	1,2	67,2	16,6	1,1	67,2	34,8	0,8	67,2	28,4	1,1
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Répétabilité du Laboratoire c	60,9	40,4	0,9	-	-	-	60,4	56,1	2,5	60,9	39,0	2,1
	67,1	27,4	1,1	65,7	27,8	2,6	66,0	33,6	0,5	67,1	32,0	1,6
	70,2	25,0	0,7	69,2	14,8	0,8	69,7	26,2	0,8	70,2	29,2	1,5
Répétabilité du Laboratoire d	56,4	49,6	5,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	61,1	33,4	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	63,8	26,2	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—

HF Flux de chaleur incident (*heat flux*) (kW/m²)

Av3 Temps d'allumage moyen (*average*) pour trios éprouvettes mesurées

Std.i Ecart type (*standard deviation*) des temps d'allumage, c'est-à-dire la répétabilité au sein des laboratoires d'essai

Afin d'obtenir des données de précision formelles conformément à l'ISO 5725-2, il sera nécessaire de réaliser un ensemble complet d'essais interlaboratoire.

C.4 Calculs et tracés

Le nombre inverse du temps d'allumage mesuré $1/t_{ig}$ est tracé en fonction du flux de chaleur incident, tel que représenté sur les Figures C.3 à C.6. Les données de l'essai interlaboratoire préliminaire montrent que t_{ig} et $1/t_{ig}$ peuvent être obtenus au sein des laboratoires avec une entente relativement bonne et, comme le montrent ces figures, une relation quasiment linéaire entre $1/t_{ig}$ et le flux de chaleur incident peut être obtenue par cette méthode d'essai.

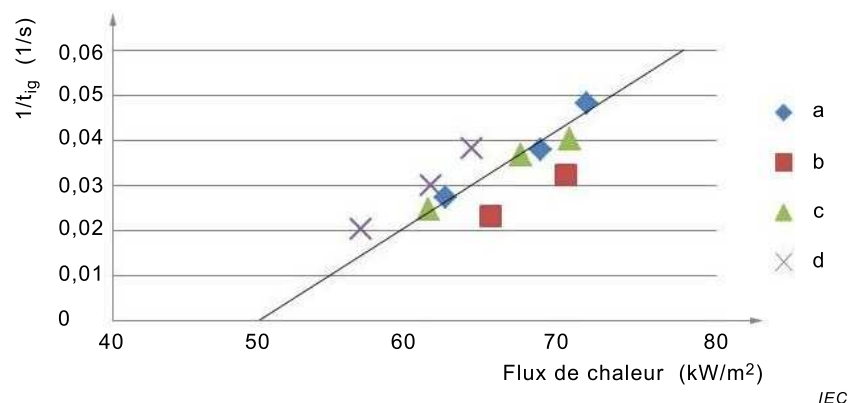


Figure C.3 – $1/t_{ig}$ pour le matériau A

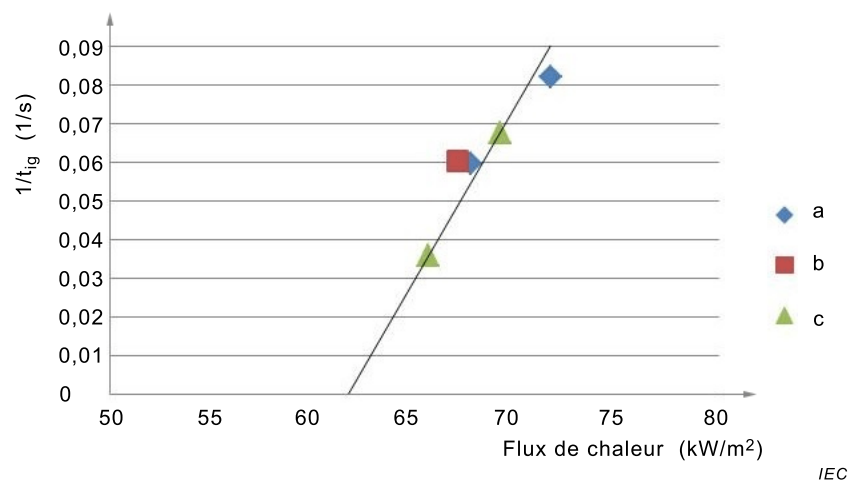


Figure C.4 – $1/t_{ig}$ pour le matériau B

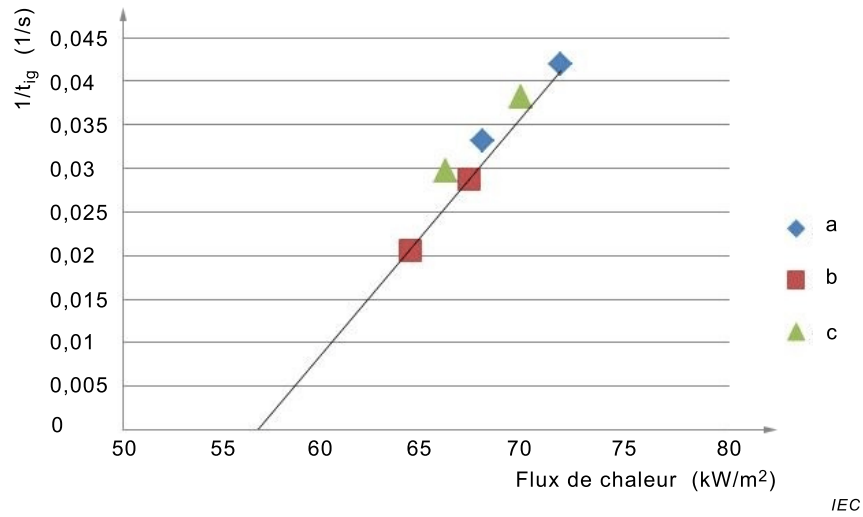


Figure C.5 – $1/t_{ig}$ pour le matériau C

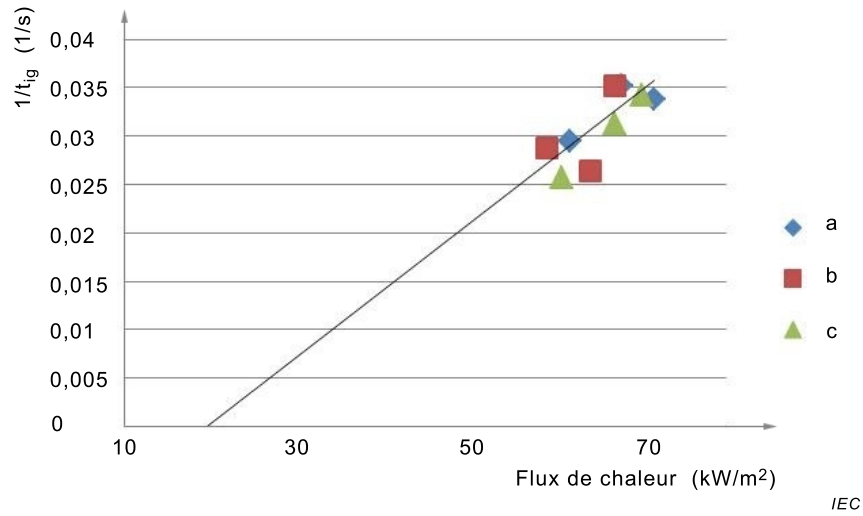


Figure C.6 – $1/t_{ig}$ pour le matériau D

Bibliographie

- [1] IEC 60695-11-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flammes d'essai – Méthodes d'essai horizontal et vertical à la flamme de 50 W*
 - [2] IEC 60695-11-20, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-20: Flammes d'essai – Méthode d'essai à la flamme de 500 W*
 - [3] ISO 4589-2, *Plastiques – Détermination du comportement au feu au moyen de l'indice d'oxygène – Partie 2: Essai à la température ambiante*
 - [4] ISO 10093, *Plastiques – Essais au feu – Sources d'allumage normalisées*
 - [5] ISO 14934-3, *Essais au feu – Etalonnage et utilisation des appareils de mesure du flux thermique – Partie 3: Méthode d'étalonnage secondaire*
 - [6] 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*
 - [7] IEC 60695-1-10, *Essais relatif aux risques du feu – Partie 1-10: Lignes directrices pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Lignes directrices générales*
 - [8] IEC 60695-1-11, *Essais relatifs aux risque du feu – Partie 1-11: Lignes directrices pour l'évaluation du danger du feu des produits électrotechniques – Evaluation du danger du feu*
 - [9] IEC 60695-4, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 4: Terminologie relative aux essais au feu pour les produits électrotechniques*
-

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

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