

SPÉCIFICATION
TECHNIQUE

CEI
IEC

TECHNICAL
SPECIFICATION

TS 60695-5-2

Deuxième édition
Second edition
2002-09

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION

Essais relatifs aux risques du feu –

**Partie 5-2:
Effets des dommages de corrosion
des effluents du feu –
Résumé et pertinence des méthodes d'essai**

Fire hazard testing –

**Part 5-2:
Corrosion damage effects of fire effluent –
Summary and relevance of test methods**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC/TS 60695-5-2:2002

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

- **Site web de la CEI** (www.iec.ch)
- **Catalogue des publications de la CEI**

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

- **IEC Just Published**

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

- **Service clients**

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

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

- **IEC Just Published**

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

- **Customer Service Centre**

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

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

SPÉCIFICATION
TECHNIQUE

CEI
IEC

TECHNICAL
SPECIFICATION

TS 60695-5-2

Deuxième édition
Second edition
2002-09

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION

Essais relatifs aux risques du feu –

**Partie 5-2:
Effets des dommages de corrosion
des effluents du feu –
Résumé et pertinence des méthodes d'essai**

Fire hazard testing –

**Part 5-2:
Corrosion damage effects of fire effluent –
Summary and relevance of test methods**

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Termes et définitions.....	12
4 Classification des méthodes d'essai	14
4.1 Introduction.....	14
4.2 Eprouvette	14
4.3 Modèle feu.....	14
4.4 Nature de la mesure de corrosivité	14
5 Méthodes d'essai publiées	16
5.1 Introduction.....	16
5.2 Essais pour la détermination des acides halogénés dans les gaz de combustion	18
5.3 Essais pour la détermination de l'acidité et de la conductivité des gaz de combustion dissous dans une solution aqueuse	20
5.4 Essai pour la détermination des gaz corrosifs en employant l'essai au miroir de cuivre ASTM D 2671-00 [9]	22
5.5 Méthode statique (ISO 11907-2 [10]).....	22
5.6 Méthode du four mobile (ISO 11907-3 [11])	26
5.7 Méthode du corrosimètre conique	32
6 Courant de fuite et perte de métal (CEI 60695-5-3).....	34
6.1 But et principe.....	34
6.2 Eprouvette	34
6.3 Cibles de corrosion	34
6.4 Méthode d'essai.....	36
7 Vue d'ensemble des méthodes et pertinence des données	36
Annexe A (informative) Acidité et conductivité des solutions aqueuses – Méthodes d'essai	42
Annexe B (informative) Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité – Essais comparatifs des solutions de gaz de combustion	44
Bibliographie	52
Figure 1 – Représentation schématique d'une cible de résistance à piste en serpentín	24
Figure 2 – Schéma d'une cible de corrosion type d'épaisseur de métal définie	30
Figure 3 – Cible de courant de fuite interdigité	36
Tableau 1 – Classification générale des stades de feu conformément à ISO/TR 9122-1	16
Tableau 2 – Vue d'ensemble des méthodes d'essai de corrosivité.....	40
Tableau A.1 – Méthodes d'essai pour la mesure de l'acidité et de la conductivité des solutions aqueuses obtenues après barbotage des effluents de combustion dans l'eau	42
Tableau B.1 – Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité – Essais comparatifs de pH sur des solutions de gaz de combustion.....	46
Tableau B.2 – Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité – Essais comparatifs de résistivité sur des solutions de gaz de combustion	48
Tableau B.3 – Résultats obtenus sur polycarbonate bromé	50

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	13
4 Classification of test methods	15
4.1 Introduction	15
4.2 Test specimen	15
4.3 Fire model	15
4.4 The nature of the corrosivity measurement	15
5 Published test methods	17
5.1 Introduction	17
5.2 Tests for the determination of halogen acid in combustion gases	19
5.3 Tests for the determination of the acidity and conductivity of combustion gases dissolved in an aqueous solution	21
5.4 Test for the determination of corrosive gases by using the copper mirror test in ASTM D 2671-00 [9]	23
5.5 Static method (ISO 11907-2 [10])	23
5.6 Travelling furnace method (ISO 11907-3 [11])	27
5.7 Cone corrosimeter method	33
6 Leakage current and metal loss (IEC 60695-5-3)	35
6.1 Purpose and principle	35
6.2 Test specimen	35
6.3 Corrosion targets	35
6.4 Test method	37
7 Overview of methods and relevance of data	37
Annex A (informative) Acidity and conductivity of aqueous solutions – Test methods	43
Annex B (informative) Determination of repeatability and reproducibility – Comparative tests of solutions of combustion gases	45
Bibliography	53
Figure 1 – Schematic drawing of a serpentine-track resistance target	25
Figure 2 – Schematic drawing of a typical corrosion target of defined metal thickness	31
Figure 3 – Interdigitated leakage current target	37
Table 1 – General classification of fire stages in accordance with ISO/TR 9122-1	17
Table 2 – Overview of corrosivity test methods	41
Table A.1 – Test methods for the measurement of acidity and conductivity of aqueous solutions obtained after bubbling combustion effluent through water	43
Table B.1 – Determination of repeatability and reproducibility – Comparative pH tests on solutions of combustion gases	47
Table B.2 – Determination of repeatability and reproducibility – Comparative resistivity tests on solutions of combustion gases	49
Table B.3 – Results obtained on brominated polycarbonate	51

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 5-2: Effets des dommages de corrosion des effluents du feu – Résumé et pertinence des méthodes d'essai

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente spécification technique peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

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

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

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.

La CEI 60695-5-2, qui est une spécification technique, a été établie par le comité d'études 89 de la CEI: Essais relatifs aux risques du feu.

Cette seconde édition annule et remplace la première édition publiée en 1994.

Les principaux changements effectués par rapport à l'édition précédente sont indiqués ci-après:

- Une introduction a été ajoutée afin d'expliquer la nature des dangers de la corrosivité causés par et venant des produits électrotechniques soumis au feu. Le but étant de fournir une aide à l'utilisateur afin qu'il puisse sélectionner l'essai adapté à la situation.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIRE HAZARD TESTING –**Part 5-2: Corrosion damage effects of fire effluent –
Summary and relevance of test methods**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this technical specification may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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

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

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

IEC 60695-5-2, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 89: Fire hazard testing.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1994.

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

- An introduction has been added in order to explain the nature of the corrosive hazards caused by and presented to electrotechnical products in fires. This will help the user to select the test(s) most suited to their situation.

- Des informations fondamentales ont été approfondies afin de fournir davantage de détails concernant la nature du spécimen d'essai soumis au feu, le modèle feu utilisé dans l'essai et la nature de la mesure de la corrosivité.
- Le nombre des essais a été augmenté, passant de trois à sept afin d'inclure les essais à l'acide halogénique (décrit dans la CEI 60754-1) ainsi que les essais ISO qui ont été développés depuis 1994. Des critères de sélection d'essai sont décrits en 5.1.

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

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

Projet d'enquête	Rapport de vote
89/506/DTS	89/538/RVC

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

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

La CEI 60695-5-1 est à utiliser conjointement avec la présente norme.

La CEI 60695-5, sous le titre général *Essais relatifs aux risques du feu*, sera composée des parties suivantes:

Partie 5-1: *Effets des dommages de corrosion des effluents du feu – Guide général*

Partie 5-2: *Effets des dommages de corrosion des effluents du feu – Résumé et pertinence des méthodes d'essai*

Partie 5-3: *Effets des dommages de corrosion des effluents du feu – Méthode d'essai du courant de fuite et de la perte de métal*

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2008. A cette date, la publication sera

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

- Background information has been expanded in order to provide more details concerning the nature of the test specimen which is burned, the fire model used in the test and the nature of the measurement of corrosivity.
- The number of tests has been increased from three to seven in order to include the halogen acid test (described in IEC 60754-1) and also the ISO tests which have been developed since 1994. Criteria for the selection of tests are described in 5.1.

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

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

Enquiry draft	Report on voting
89/506/DTS	89/538/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 standard should be read in conjunction with IEC 60695-5-1.

IEC 60695-5, under the general heading *Fire hazard testing*, will consist of the following parts:

- Part 5-1: *Corrosion damage effects of fire effluent – General guidance*
- Part 5-2: *Corrosion damage effects of fire effluent – Summary and relevance of test methods*
- Part 5-3: *Corrosion damage effects of fire effluent – Leakage current and metal loss test method*

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2008. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

Il convient que le risque de feu soit envisagé pour tout circuit électrique. En ce qui concerne ce risque, il convient que la conception du circuit et des équipements, la sélection des composants et le choix des matériaux réduisent la probabilité de feu même lors d'une utilisation anormale prévisible, d'un mauvais fonctionnement ou d'une défaillance. Il convient que l'objectif pratique soit d'empêcher un allumage causé par un dysfonctionnement d'origine électrique mais, si l'allumage et le feu se produisent, de circonscrire l'incendie si possible à l'intérieur des limites de l'enceinte du produit électrotechnique.

Tous les effluents du feu sont corrosifs à un certain degré et le niveau de leur potentiel de corrosion dépend de la nature du feu, de la combinaison des matériaux combustibles concernés par le feu, de la nature du substrat touché et de la température et de l'humidité relative de l'environnement dans lequel les dommages liés à la corrosion se manifestent. Il n'est pas démontré que les effluents du feu des produits électrotechniques présentent un risque de dommages corrosifs plus important que ceux d'autres produits, tels que les matériaux d'ameublement, de construction, etc.

Les performances des composants électriques et électroniques peuvent être sérieusement affectées par les dommages provoqués par la corrosion quand ils sont soumis aux effluents du feu. Une grande variété de combinaisons de faibles quantités d'effluents de gaz, de particules de fumée, d'humidité et de température sont autant d'éléments susceptibles de créer les conditions de la défaillance d'un composant électrique ou d'un système par rupture, surchauffe ou court-circuit.

Il est particulièrement important d'évaluer un dommage potentiel de corrosion pour les produits et les installations électrotechniques de prix élevé et liés à la sécurité.

Les comités d'études responsables des produits choisiront le ou les essais et spécifieront leur niveau de sévérité.

L'étude des dommages provoqués par la corrosion requiert une approche pluridisciplinaire qui englobe la chimie, l'électricité, la physique, l'ingénierie mécanique, la métallurgie et l'électrochimie. Toutes ces disciplines ont été prises en compte dans la préparation de la présente partie de la CEI 60695-5.

La CEI 60695-5-2 donne un résumé des méthodes d'essai y compris leur pertinence et leur utilité.

La CEI 60695-5-1 définit le domaine d'application du guide et en indique les limites.

La CEI 60695-5-3 donne les informations détaillées concernant une méthode d'essai à petite échelle pour la mesure du courant de fuite et de la perte de métal causés par les effluents du feu.

INTRODUCTION

The risk of fire should be considered in any electrical circuit. With regard to this risk, the circuit and equipment design, the selection of components and the choice of materials should contribute towards reducing the likelihood of fire even in the event of foreseeable abnormal use, malfunction or failure. The practical aim should be to prevent ignition caused by electrical malfunction but, if ignition and fire occur, to control the fire preferably within the bounds of the enclosure of the electrotechnical product.

All fire effluent is corrosive to some degree and the level of potential to corrode depends on the nature of the fire, the combination of combustible materials involved in the fire, the nature of the substrate under attack, and the temperature and relative humidity of the environment in which the corrosion is taking place. There is no evidence that fire effluent from electrotechnical products offers greater risk of corrosion damage than the fire effluent from other products such as furnishings, building materials, etc.

The performance of electrical and electronic components can be adversely affected by corrosion damage when subjected to fire effluent. A wide variety of combinations of small quantities of effluent gases, smoke particles, moisture and temperature may provide conditions for electrical component or system failures from breakage, overheating or shorting.

Evaluation of potential corrosion damage is particularly important for high value and safety-related electrotechnical products and installations.

Technical committees responsible for the products will choose the test(s) and specify the level of severity.

The study of corrosion damage requires an interdisciplinary approach involving chemistry, electricity, physics, mechanical engineering, metallurgy and electrochemistry. In the preparation of this part of IEC 60695, all of the above have been considered.

IEC 60695-5-2 provides a summary of test methods including relevance and usefulness.

IEC 60695-5-1 defines the scope of the guidance and indicates the field of application.

IEC 60695-5-3 gives details of a small-scale test method for the measurement of leakage current and metal loss caused by fire effluent.

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

Partie 5-2: Effets des dommages de corrosion des effluents du feu – Résumé et pertinence des méthodes d'essai

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60695 donne un résumé des méthodes d'essai utilisées pour l'évaluation de la corrosivité des effluents du feu. Elle présente un bref résumé des méthodes d'essai d'utilisation courante, soit en tant que norme internationale soit en tant que norme nationale ou norme d'industrie. Elle intègre des observations spécifiques concernant leur pertinence pour les produits électrotechniques et leurs matériaux en ce qui concerne les scénarios de feu et donne des recommandations pour leur utilisation.

L'une des responsabilités d'un comité d'études consiste, le cas échéant, à utiliser les publications fondamentales de sécurité dans le cadre de l'élaboration de ses publications.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60695-4:1993, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 4: Terminologie relative aux essais au feu*

CEI 60695-5-1:2002, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 5-1: Effets des dommages de corrosion des effluents du feu – Guide général*

CEI/TS 60695-5-3, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 5-3: Effets des dommages de corrosion des effluents du feu – Méthodes d'essai au courant de fuite et perte de métal¹*

Guide CEI 104:1997, *Rédaction des publications de sécurité et utilisation des publications fondamentales de sécurité et des publications avec fonction groupée de sécurité*

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

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

¹ A publier.

FIRE HAZARD TESTING –

Part 5-2: Corrosion damage effects of fire effluent – Summary and relevance of test methods

1 Scope

This part of IEC 60695 gives a summary of the test methods that are used in the assessment of the corrosivity of fire effluent. It presents a brief summary of test methods in common use, either as international standards or national or industry standards. It includes special observations on their relevance, for electrotechnical products and their materials, to real fire scenarios and gives recommendations on their use.

One of the responsibilities of a technical committee is, wherever applicable, to make use of basic safety publications in the preparation of its publications

2 Normative references

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

IEC 60695-4:1993, *Fire hazard testing – Part 4: Terminology concerning fire tests*

IEC 60695-5-1:2002, *Fire hazard testing – Part 5-1: Corrosion damage effects of fire effluent – General guidance*

IEC/TS 60695-5-3, *Fire hazard testing – Part 5-3: Corrosion damage effects of fire effluent – Leakage current and metal loss test method¹*

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

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

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

¹ To be published.

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60695, les définitions issues de la ISO/CEI 13943 et la CEI 60695-4 ainsi que les définitions suivantes s'appliquent.

3.1

dommage de corrosion

dommage physique et/ou chimique ou détérioration de fonctions, produit par action chimique

[ISO/CEI 13943, définition 25]

3.2

cible de corrosion

élément sensible utilisé pour déterminer le degré du dommage de corrosion, dans des conditions d'essai spécifiées

NOTE Cet élément peut être un produit, un composant ou un matériau de référence utilisé pour simuler ces derniers.

[ISO/CEI 13943, définition 26]

3.3

humidité relative critique

niveau d'humidité relative conduisant le courant de fuite à dépasser une valeur définie dans la spécification de produit

3.4

effluent du feu

ensemble des gaz et/ou des aérosols (incluant les particules en suspension) dégagés par combustion ou pyrolyse

[ISO/CEI 13943, définition 45]

3.5

caractéristiques de déclin des effluents du feu

changements physiques et/ou chimiques dans les effluents du feu dus au temps et au transport

[CEI 60695-4, définition 2.34]

3.6

transport des effluents du feu

mouvement des effluents du feu hors de l'emplacement du feu

[CEI 60695-4, définition 2.35]

3.7

scénario feu

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

[ISO/CEI 13943, définition 58]

3.8

source d'allumage

source d'énergie qui provoque une combustion

[ISO/CEI 13943, définition 97]

3 Terms and definitions

For the purposes of this part of IEC 60695, the definitions given in ISO/IEC 13943 and IEC 60695-4, as well as the following definitions, apply.

3.1

corrosion damage

physical and/or chemical damage or impaired function caused by chemical action

[ISO/IEC 13943, definition 25]

3.2

corrosion target

sensor used to determine the degree of corrosion damage, under specified test conditions

NOTE This sensor may be a product, a component, or a reference material used to simulate them.

[ISO/IEC 13943, definition 26]

3.3

critical relative humidity

level of relative humidity that causes leakage current to exceed a value defined in the product specification

3.4

fire effluent

totality of gases and/or aerosols (including suspended particles) created by combustion or pyrolysis

[ISO/IEC 13943, definition 45]

3.5

fire effluent decay characteristics

physical and/or chemical changes in fire effluent due to time and transport

[IEC 60695-4, definition 2.34]

3.6

fire effluent transport

movement of fire effluent away from the location of the fire

[IEC 60695-4, definition 2.35]

3.7

fire scenario

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

[ISO/IEC 13943, definition 58]

3.8

ignition source

source of energy that initiates combustion

[ISO/IEC 13943, definition 97]

3.9

courant de fuite

courant électrique qui s'écoule vers un circuit non désiré

3.10

fumée

partie visible des effluents du feu

[ISO/CEI 13943, définition 150]

4 Classification des méthodes d'essai

4.1 Introduction

Les méthodes d'essai peuvent être classées selon trois critères:

- a) la nature de l'éprouvette qui subit la combustion;
- b) le modèle feu utilisé dans l'essai;
- c) la nature de la mesure de la corrosivité.

4.2 Eprouvette

4.2.1 Essais sur produits

L'éprouvette est un produit manufacturé. Exemples: une carte de circuit imprimé, un tableau de distribution, un ordinateur ou un câble.

4.2.2 Essais sur produits simulés

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

4.2.3 Essai de matériau ou d'échantillon composite

L'éprouvette est un matériau de base (solide ou liquide) ou un mélange de matériaux.

4.3 Modèle feu

La quantité, la vitesse de production et la nature corrosive des effluents du feu qui s'échappent d'un matériau ou d'un produit donné ne sont pas des propriétés inhérentes à ce matériau ou à ce produit mais dépendent de manière critique des conditions dans lesquelles ils brûlent. La nature chimique de l'éprouvette, la température de décomposition et l'importance de la ventilation sont les principales variables qui affectent la composition des effluents du feu.

Il est crucial de montrer que les conditions d'essai définies dans une méthode d'essai normalisée (modèle feu) sont pertinentes pour l'étape concernée d'un feu réel et qu'elle en donne une bonne réplique. L'ISO a publié une classification générale des étapes de feu dans le document ISO/TR 9122-1, qui est donnée au Tableau 1. Les facteurs importants qui affectent la production d'effluents sont la concentration en oxygène et l'irradiation/la température.

4.4 Nature de la mesure de corrosivité

4.4.1 Essais sur produits

Dans ces cas, la cible de corrosion est un produit manufacturé.

Exemples: circuits imprimés, tableaux de distribution, machines à laver et ordinateurs.

3.9**leakage current**

electrical current flowing in an undesired circuit

3.10**smoke**

visible part of fire effluent

[ISO/IEC 13943, definition 150]

4 Classification of test methods**4.1 Introduction**

Test methods can be classified according to three criteria:

- a) the nature of the test specimen which is burned;
- b) the fire model used in the test;
- c) the nature of the measurement of corrosivity.

4.2 Test specimen**4.2.1 Product testing**

The test specimen is a manufactured product. Examples include: a printed circuit board, a switchboard, a computer or a cable.

4.2.2 Simulated product testing

The test specimen is a representative portion of a product.

4.2.3 Material or composite sample testing

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

4.3 Fire model

The amount, the rate of production and the corrosive nature of fire effluent released from a given material or product is not an inherent property of that material or product, but is critically dependent on the conditions under which that material or product is burnt. The chemical nature of the test specimen, the decomposition temperature and the amount of ventilation are the main variables which affect the composition of fire effluent.

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

4.4 The nature of the corrosivity measurement**4.4.1 Product testing**

In these cases the corrosion target is a manufactured product.

Examples include: printed wiring boards, switchboards, washing machines and computers.

Les effets des dommages provoqués par la corrosion des effluents du feu sur le produit peuvent être évalués par le taux de détérioration fonctionnelle, déterminé par examen ou par des mesures.

4.4.2 Essais sur produits simulés

Dans ces cas, la cible de corrosion est un circuit imprimé ou un film métallique de faible épaisseur qui simule un produit.

Les effets des dommages provoqués par la corrosion des effluents du feu sur la cible peuvent être évalués par des changements d'aspect, la masse ou des mesures des caractéristiques mécaniques, physiques ou électriques.

4.4.3 Evaluation indirecte

Une méthode d'évaluation indirecte est une méthode qui n'utilise pas de cible de corrosion mais qui mesure une caractéristique des gaz et vapeurs dégagés. Par exemple, la quantité d'acide d'halogéné produite ou le pH et/ou la conductivité d'une solution dans laquelle les gaz et les vapeurs dégagés par combustion ont été dissous.

Tableau 1 – Classification générale des stades de feu conformément à ISO/TR 9122-1

Stades de feu		Oxygène* %	Rapport CO ₂ /CO**	Température* °C	Irradiation*** kW/m ²
Etape 1	Décomposition sans flammes				
	a) Couvant (auto-entretenu)	21	Non applicable	<100	Non applicable
	Sans flammes (par oxydation)	5 à 21	Non applicable	<500	<25
	c) Sans flammes (par pyrolyse)	<5	Non applicable	<1 000	Non applicable
Etape 2	Feu en développement (avec flammes)	10 à 15	100 à 200	400 à 600	20 à 40
Etape 3	Feu complètement développé (avec flammes)				
	a) Ventilation relativement faible	1 à 5	<10	600 à 900	40 à 70
	b) Ventilation relativement forte	5 à 10	<100	600 à 1 200	50 à 150
* Condition d'environnement général (moyenne) à l'intérieur du compartiment.					
** Valeur moyenne dans la plume du feu, près du feu.					
*** Irradiation incidente sur l'éprouvette (moyenne).					

5 Méthodes d'essai publiées

5.1 Introduction

Les méthodes d'essai présentées dans cet article ont été choisies parce qu'elles sont issues de normes internationales, nationales ou de normes d'industrie et qu'elles sont d'usage courant dans le domaine de l'électrotechnique. Le but n'est pas de présenter toutes les méthodes d'essai possibles.

NOTE Ces résumés sont destinés à donner les grandes lignes des méthodes d'essai et il convient de ne pas les utiliser à la place des normes complètes publiées.

The corrosion damage effects of fire effluent on the product can be assessed by degradation of function as determined by inspection or measurement.

4.4.2 Simulated product testing

In these cases the corrosion target is a printed circuit or a thin metal film which simulates a product.

The corrosion damage effects of fire effluent on the target can be assessed by changes in appearance, mass or measurements of mechanical, physical or electrical characteristics.

4.4.3 Indirect assessment

An indirect method of assessment is one that uses no corrosion target but measures a characteristic of the gases and vapours evolved. For example, the amount of halogen acid produced, or the pH and/or the conductivity of a solution in which the gases and vapours evolved by combustion have been dissolved.

Table 1 – General classification of fire stages in accordance with ISO/TR 9122-1

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

5 Published test methods

5.1 Introduction

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

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

5.2 Essais pour la détermination des acides halogénés dans les gaz de combustion

5.2.1 Normes

Une norme internationale, CEI 60754-1 [1]² et une norme européenne, EN 50267-2-1 [2], sont fondées sur la méthode décrite ci-dessous.

5.2.2 But et principe

Ces normes spécifient la procédure pour la détermination de la quantité de gaz acides halogénés, autres que l'acide fluorhydrique, dégagés lors de la combustion des mélanges à base de polymères halogénés et de mélanges contenant des additifs halogénés, provenant de câbles.

Pour des raisons de précision, il n'est pas recommandé d'utiliser cette méthode lorsque la quantité d'acide halogéné dégagé est inférieure à 5 mg/g d'éprouvette.

5.2.3 Eprouvette

L'éprouvette est constituée de 500 mg à 1 000 mg de matériau à essayer, découpé en petits morceaux.

5.2.4 Méthode d'essai

L'éprouvette est chauffée dans un four tubulaire dans un flux d'air. La température de l'éprouvette est portée à 800 °C en 40 min en respectant un rythme uniforme et elle est maintenue à 800 °C pendant 20 min. Le flux d'air est de $0,0157 \times (D/\text{mm})^2$ litres par heure (où D est le diamètre du tube du four) de manière à donner une vitesse de l'air à l'intérieur du tube de $20 \text{ m} \times \text{h}^{-1}$ ($0,56 \text{ cm} \times \text{s}^{-1}$). A la sortie du tube, les gaz produits par la décomposition thermique de l'éprouvette passent à travers deux flacons barboteurs contenant chacune au moins 220 ml de solution de soude caustique à 0,1 M de manière à ce que tout gaz acide soit absorbé par la solution alcaline. La quantité d'acide halogéné, exprimée en acide chlorhydrique, est déterminée par titrage avec du nitrate d'argent et du thiocyanate d'ammonium.

5.2.5 Répétabilité et reproductibilité

Aucune donnée d'essais interlaboratoires n'est disponible.

5.2.6 Pertinence des données d'essais concernant l'évaluation des risques de corrosion

Cette méthode est destinée aux essais de type des composants individuels utilisés dans la construction des câbles. Il s'agit d'un essai d'analyse chimique des acides halogénés (autres que l'acide fluorhydrique) et il ne mesure pas directement les dommages de corrosion. Il est connu que les acides halogénés sont la cause de la corrosion, mais beaucoup d'autres produits chimiques sont aussi corrosifs et ils ne seront pas détectés par cet essai. Une production élevée d'acide halogéné indiquera donc un potentiel corrosif élevé, mais une faible teneur en acide halogéné ne signifiera pas nécessairement un faible potentiel corrosif.

Les conditions de combustion utilisées dans cet essai sont conçues pour forcer au maximum la production d'acide halogéné à partir des matériaux contenant des halogènes. Elles ne sont pas conçues pour donner un modèle d'une étape particulière d'un feu, mais elles correspondent plutôt à l'étape 1c du Tableau 1, c'est-à-dire à une décomposition pyrolytique sans flammes.

² Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

5.2 Tests for the determination of halogen acid in combustion gases

5.2.1 Standards

An international standard, IEC 60754-1 [1]², and a European standard, EN 50267-2-1 [2], are based on the method described below.

5.2.2 Purpose and principle

The standards specify the procedure for the determination of the amount of halogen acid gas, other than hydrofluoric acid, evolved during the combustion of compounds based on halogenated polymers, and compounds containing halogenated additives, taken from cable constructions.

For reasons of accuracy, the method is not recommended for use where the amount of halogen acid evolved is less than 5 mg/g of the test specimen.

5.2.3 Test specimen

The test specimen consists of 500 mg to 1 000 mg of the material to be tested, cut into small pieces.

5.2.4 Test method

The test specimen is heated in a tube furnace in a stream of air. The temperature of the test specimen is raised at a uniform rate to 800 °C over a time of 40 min and held at 800 °C for 20 min. The air flow is $0,0157 \times (D/\text{mm})^2$ litres per hour (where D is the diameter of the furnace tube) so as to give an air velocity in the tube of $20 \text{ m} \times \text{h}^{-1}$ ($0,56 \text{ cm} \times \text{s}^{-1}$). At the exit of the tube the gases produced by the thermal decomposition of the test specimen pass through two wash bottles each containing at least 220 ml of 0,1 M sodium hydroxide solution so that any acid gases are absorbed by the alkaline solution. The amount of halogen acid, expressed as hydrochloric acid, is found by titration with silver nitrate and ammonium thiocyanate.

5.2.5 Repeatability and reproducibility

No interlaboratory test data are currently available.

5.2.6 Relevance of test data to corrosion hazard assessment

The method is intended for the type testing of individual components used in cable construction. It is an analytical chemistry test for halogen acid (other than hydrofluoric acid) and does not directly measure corrosion damage. It is known that halogen acids cause corrosion, but many other chemical species are also corrosive and these will not be detected by this test. A high halogen acid production will therefore indicate a high corrosive potential, but a low halogen acid content will not necessarily mean a low corrosive potential.

The combustion conditions used in this test are designed to maximize the halogen acid production from materials which contain halogen. They are not designed to model any particular stage of a fire, but they most closely correspond to stage 1c of Table 1, i.e. non-flaming pyrolytic decomposition.

² Figures in square brackets refer to the bibliography.

5.3 Essais pour la détermination de l'acidité et de la conductivité des gaz de combustion dissous dans une solution aqueuse

5.3.1 Normes

Une norme internationale, la CEI 60754-2 [3], deux normes européennes, EN 50267-2-2 [4] et EN 50267-2-3 [5] et de nombreuses normes nationales, par exemple CAN/CSA C22.2 [6], DIN VDE 0472-Part 813 [7] et NF C 20-453 [8] sont basées sur la méthode décrite ci-après.

L'Annexe A donne une liste des différences entre certaines de ces méthodes.

5.3.2 But et principe

Les effluents du feu, provenant de la pyrolyse ou de la combustion d'une éprouvette passent dans des barboteurs contenant de l'eau distillée ou déminéralisée. Le pH ou le pH et la conductivité de la solution aqueuse qui en résulte sont ensuite mesurés.

Une telle évaluation a l'avantage d'être relativement simple et bon marché mais a l'inconvénient de ne pas mesurer directement les dommages de la corrosion. On prend l'hypothèse selon laquelle un certain niveau du paramètre mesuré correspondra à un potentiel corrosif inacceptable. Cela sera valable pour un scénario donné uniquement si des mesures indépendantes ont été effectuées pour établir une telle corrélation.

5.3.3 Eprouvette

L'éprouvette a une masse type de 0,5 g ou 1,0 g, coupée en un certain nombre de petits morceaux.

5.3.4 Méthode d'essai

Un four tubulaire est réglé à une température spécifiée dans la norme appropriée, comprise entre 750 °C et 950 °C. L'éprouvette est placée dans une nacelle en porcelaine à l'intérieur d'un tube à combustion en quartz dans le four. De l'air est injecté en amont de la combustion et les gaz de combustion passent dans des flacons barboteurs contenant de l'eau distillée ou déminéralisée.

5.3.5 Répétabilité et reproductibilité

La répétabilité et la reproductibilité ont été déterminées lors d'essais interlaboratoires pour la mise au point de la norme française, NF C 20-453:

- répétabilité: 4 % à 7 %;
- reproductibilité: 9 % à 11 %.

Ces valeurs dépendent des conditions d'essai et des matériaux (voir Annexe B).

5.3.6 Pertinence des données d'essais concernant l'évaluation des risques de corrosion

Dans le cas d'acides forts et de bases fortes, on sait par expérience qu'à l'intérieur d'une famille de matériaux génériquement similaires, l'essai d'acidité ou d'alcalinité des gaz permet de classer ces matériaux en fonction de leur potentiel corrosif par rapport à un substrat donné. L'expérience montre également que cela peut ne pas être valable en comparant différentes familles de matériaux. On sait aussi par expérience que le potentiel corrosif d'un milieu aqueux est lié à sa conductivité électrique.

5.3 Tests for the determination of the acidity and conductivity of combustion gases dissolved in an aqueous solution

5.3.1 Standards

One international standard, IEC 60754-2 [3], two European standards, EN 50267-2-2 [4] and EN 50267-2-3 [5], and many national standards, for example, CAN/CSA C22.2 [6], DIN VDE 0472-Part 813 [7] and NF C 20-453 [8], are based on the method described here.

Annex A lists differences between some of these methods.

5.3.2 Purpose and principle

Fire effluent, evolved from the pyrolysis or combustion of a test specimen, is bubbled through distilled or demineralized water. The pH, or pH and conductivity, of the resulting aqueous solution is then measured.

Such an assessment has the advantage of being both relatively simple and cheap, but has the disadvantage that it does not directly measure corrosion damage. An assumption is made that a certain level of the measured parameter will correspond to an unacceptable corrosive potential. This will be valid for a given scenario only if independent measurements have been made to establish such a correlation.

5.3.3 Test specimen

The test specimen typically has a mass of 0,5 g or 1,0 g cut into a number of small pieces.

5.3.4 Test method

An annular furnace is set to a temperature specified in the relevant standard of between 750 °C and 950 °C. The test specimen is located in a porcelain boat inside a quartz glass combustion tube within the furnace. Air is injected upstream of combustion and the combustion gases are bubbled through wash bottles containing distilled or demineralized water.

5.3.5 Repeatability and reproducibility

Repeatability and reproducibility have been determined during interlaboratory trials used to develop the French standard, NF C 20-453:

- repeatability: 4 % to 7 %;
- reproducibility: 9 % to 11 %.

The values depend on test conditions and materials (see Annex B).

5.3.6 Relevance of test data to corrosion hazard assessment

For strong acids and bases, it is known by experience that within a generically similar family of materials the acid/basic gas test can rank materials in the order of their corrosive potential towards a given substrate. It is also known by experience that this may not be true in comparing different families of materials. It is also known by experience that the corrosive potential of an aqueous medium is related to its electrical conductivity.

5.4 Essai pour la détermination des gaz corrosifs en employant l'essai au miroir de cuivre ASTM D 2671-00 [9]

5.4.1 But et principe

L'essai est effectué sur des tubes isolants thermorétractables. Cette méthode d'essai est utilisée pour détecter les matériaux susceptibles de dégager des produits corrosifs lorsqu'ils sont chauffés à haute température. Les produits dégagés se condensent sur un miroir de cuivre que l'on examine ensuite pour évaluer les dommages provoqués par la corrosion.

5.4.2 Epreuve

Les éprouvettes sont prélevées sur les tubes (des bandes qui ont une surface totale d'environ 150 mm² si le diamètre est inférieur à 10,2 mm; une bande de 6 mm × 25 mm si le diamètre est supérieur ou égal à 10,2 mm).

5.4.3 Méthode d'essai

Des miroirs de métal sont utilisés comme cibles. Ils font 25 mm de long sur 6 mm de large. Le miroir est constitué d'une couche de cuivre déposée sous vide d'une épaisseur donnant entre 5 % et 15 % de transmission de lumière incidente normale de longueur d'onde de 500 nm. On considère que la corrosion correspond à la disparition du cuivre et elle est mesurée en pourcentage de la zone recouverte à l'origine qui est devenue transparente.

Le miroir de cuivre est préparé par dépôt de cuivre sous vide, sur une plaque de verre préalablement nettoyée. Les éprouvettes sont placées au fond d'un tube à essai sec, dont la partie inférieure est plongée dans un bain d'huile à une température et pour une durée précisées dans la spécification.

Le miroir de cuivre, suspendu à l'intérieur du tube à essai et maintenu à une température inférieure à 60 °C pendant tout l'essai, est utilisé pour évaluer la corrosivité des produits dégagés.

5.4.4 Observations spécifiques

Cette méthode est qualitative. La préparation du miroir de cuivre est une opération délicate (voir ASTM D2671-00, sections 85 et 95 [9]). Une durée d'exposition de 16 h est habituellement suffisante pour déterminer si le matériau est corrosif ou non dans les conditions d'essai. La dégradation de l'éprouvette correspond à l'étape 1b du Tableau 1, c'est-à-dire à la décomposition oxydative sans flammes.

5.4.5 Répétabilité et reproductibilité

Aucun résultat d'essais interlaboratoires n'est disponible à l'heure actuelle.

5.4.6 Pertinence des données d'essais concernant l'évaluation des risques de corrosion

Cette méthode d'essai indique le potentiel d'une éprouvette à générer des produits capables de corroder le cuivre lorsqu'elle est soumise à une décomposition oxydative sans flammes.

5.5 Méthode statique (ISO 11907-2 [10])

5.5.1 But et principe

Cet essai est utilisé pour évaluer la corrosivité potentielle des effluents dégagés pendant la combustion d'une éprouvette de 600 mg dans une chambre cylindrique étanche de 20 l. La corrosivité est évaluée en mesurant la variation de résistance d'une carte imprimée en cuivre.

5.4 Test for the determination of corrosive gases by using the copper mirror test in ASTM D 2671-00 [9]

5.4.1 Purpose and principle

This test is performed on heat-shrinkable insulating tubing. The test method is used to detect material liable to evolve corrosion products when heated to elevated temperatures. The evolved products condense on to a copper mirror which is subsequently examined for corrosion damage.

5.4.2 Test specimen

The test specimens are cut from the tubing (strips which have a total outside area of about 150 mm² if the diameter is less than 10,2 mm; a 6 mm × 25 mm strip if the diameter is greater than or equal to 10,2 mm).

5.4.3 Test method

Metal mirrors are used as targets. These are 25 mm long by 6 mm wide. The mirror is vacuum deposited copper with a thickness which gives between 5 % and 15 % transmission of normal incident light of wavelength 500 nm. Corrosion is considered to be removal of the copper and is measured as the percentage of the original coated area which has become transparent.

The copper mirror is prepared by depositing copper on a previously cleaned plate of glass in a vacuum. The test pieces are placed in the bottom of a dry test tube, the lower part of which is immersed in an oil bath at the temperature and time specified in the specification.

The copper mirror, suspended inside this tube and kept at a temperature of less than 60 °C throughout the test, is used to assess the corrosivity of the products evolved.

5.4.4 Special observations

The method is qualitative. Preparation of the copper mirror is a delicate operation (see ASTM D 2671-00, sections 85 to 95 [9]). A test duration of 16 h is usually sufficient to determine whether the material is corrosive or not under the conditions of the test. The degradation of the test specimen corresponds to stage 1b of Table 1, i.e. non-flaming oxidative decomposition.

5.4.5 Repeatability and reproducibility

No interlaboratory test results are currently available.

5.4.6 Relevance of test data to corrosion hazard assessment

The test method indicates the potential of a test specimen to generate species capable of corroding copper when undergoing non-flaming oxidative decomposition.

5.5 Static method (ISO 11907-2 [10])

5.5.1 Purpose and principle

This test is used to assess the potential corrosivity of effluents evolved during combustion of a 600 mg test specimen in a 20 l cylindrical sealed chamber. Corrosivity is assessed by measuring the variation in the resistance of a copper printed wiring board (PWB).

Cette variation est due à l'action corrosive des effluents condensés sur la carte. L'essai est destiné à reproduire une étape définie dans un feu réel, à savoir la combustion d'un matériau suivie par la condensation des effluents sur une surface refroidie.

5.5.2 Epreuve

Une quantité minimale de 3 g est utilisée pour permettre la réalisation de cinq essais sur des éprouvettes individuelles de $600 \text{ mg} \pm 2 \text{ mg}$ de matériau. Les éprouvettes ont la forme de granules ou de particules pour assurer un contact étroit avec la source d'allumage.

5.5.3 Détecteur de dommages dus à la corrosion

Le détecteur de dommages dus à la corrosion est un circuit imprimé en cuivre avec une impression en serpentins.

La cible, représentée à la Figure 1, est réalisée en gravant une base en stratifié garnie de cuivre pour donner 36 pistes conductrices faisant chacune 52 mm de long, 0,3 mm de large et $17 \mu\text{m}$ d'épaisseur, avec un espacement de 0,3 mm. La résistance du circuit est de $8,0 \Omega \pm 0,5 \Omega$.

Les produits de la combustion condensés réagissent avec le cuivre s'ils sont corrosifs et les dommages dus à la corrosion sont évalués en mesurant la variation de la résistance due à l'attaque du circuit en cuivre. Les dommages provoqués par la corrosion sont exprimés comme un paramètre, R_{COR} , qui est la variation en pourcentage de la résistance normalisée par rapport à une résistance de départ de $8,0 \Omega$.

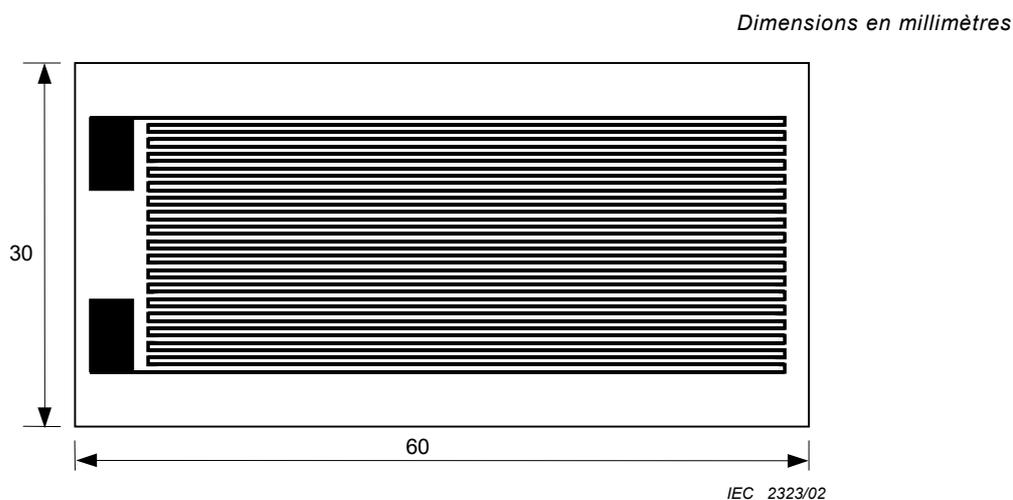


Figure 1 – Représentation schématique d'une cible de résistance à piste en serpentins

5.5.4 Méthode d'essai

La chambre d'essai est une enceinte cylindrique scellée d'un volume total d'environ 20 l et d'un diamètre d'environ 30 cm. Elle est maintenue à une température de $50 \text{ }^\circ\text{C}$ et à une humidité relative de 65 %. L'éprouvette est allumée dans un creuset inerte par une résistance électrique maintenue à $800 \text{ }^\circ\text{C}$ pendant 3 min.

La carte est normalement maintenue à $40 \text{ }^\circ\text{C}$ (mode avec condensation) mais des essais peuvent également être menés sans contrôle de la température de la carte (mode sans condensation).

Si nécessaire, le détecteur de dommages de corrosion peut être post-conditionné pendant un temps indiqué à la température ambiante et à 75 % d'humidité relative. Puis d'autres mesures de résistance sont effectuées à intervalles de 24 h.

This variation is due to the corrosive action of effluents condensing on the board. The test is intended to reproduce a defined stage in an actual fire, that is, the combustion of material followed by the condensation of the effluents on a cooled surface.

5.5.2 Test specimen

A minimum quantity of 3 g is used to allow five tests to be carried out on individual test specimens of $600 \text{ mg} \pm 2 \text{ mg}$ of material. The test specimens are in the form of granules or chips to ensure intimate contact with the ignition source.

5.5.3 Corrosion damage detector

The corrosion damage detector is a copper printed wiring board with a serpentine geometry.

The target, shown in Figure 1, is made by etching a copper-plated laminate base to provide 36 conductor tracks each 52 mm long, 0,3 mm wide and $17 \mu\text{m}$ thick, with a spacing of 0,3 mm. The resistance of the circuit is $8,0 \Omega \pm 0,5 \Omega$.

Condensed combustion products react with the copper if they are corrosive and the corrosion damage is assessed by measurement of the resistance variation due to attack on the copper circuit. The corrosion damage is expressed as a parameter, R_{COR} , which is the percentage change in resistance normalized to a starting resistance of $8,0 \Omega$.

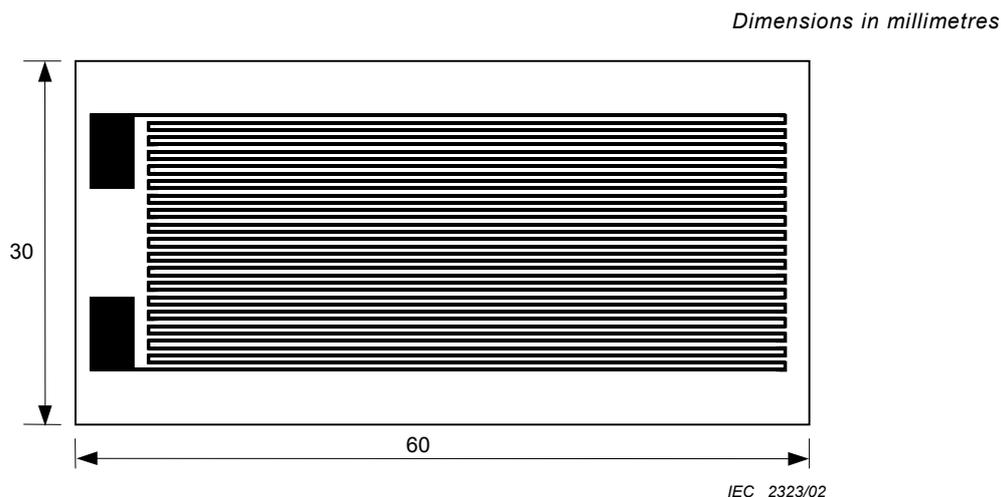


Figure 1 – Schematic drawing of a serpentine-track resistance target

5.5.4 Test method

The test chamber is a sealed cylindrical enclosure with a total volume of about 20 l and a diameter of about 30 cm. It is maintained at a temperature of $50 \text{ }^\circ\text{C}$ and a relative humidity of 65 %. The test specimen is ignited in an inert crucible by an electrical resistance wire held at $800 \text{ }^\circ\text{C}$ for 3 min.

The PWB is normally maintained at $40 \text{ }^\circ\text{C}$ (condensing mode), but tests may also be run without control of the temperature of the PWB (non-condensing mode).

If required, the corrosion damage detector may be post-conditioned for a specified time at ambient temperature and 75 % relative humidity. Further resistance measurements are taken at 24 h intervals.

Au début d'un essai, une valeur de résistance initiale, R_i , du circuit est mesurée et 60 min après le début de l'essai une valeur de résistance finale, R_f , est mesurée. Une valeur de corrosivité, R_{COR} , est calculée à partir de ces deux valeurs.

5.5.5 Observations spécifiques

Cette méthode est le résultat d'une étude conjointe de l'ISO et de la CEI³, et elle est fondée sur une méthode développée à l'origine par le CNET (Centre National d'Etudes des Télécommunications).

La méthode permet d'évaluer l'effet direct des dommages de la corrosion des effluents du feu et d'observer les dépôts de corrosion sur le circuit imprimé en cuivre. Bien que la méthode décrite ne concerne que la corrosion du cuivre, l'essai peut être appliqué à d'autres matériaux métalliques et non métalliques avec différentes formes de détecteurs.

5.5.6 Répétabilité et reproductibilité

Seules des données de précision préliminaire sont actuellement disponibles. Les résultats et les conclusions d'une expérience interlaboratoire d'ampleur limitée sont donnés à l'Annexe B de l'ISO 11907-2 [10]. L'ISO TC 61/SC 4 réalise actuellement un essai interlaboratoire pour évaluer l'effet de la température sur la cible de corrosion et de l'humidité interne sur la chambre d'exposition.

5.5.7 Pertinence des données d'essais concernant l'évaluation des risques de corrosion

La méthode d'essai permet une classification des matériaux dans l'ordre de corrosivité de leurs produits de combustion dans des conditions d'essai spécifiques en ce qui concerne la température de combustion, l'oxygène disponible, la ventilation et les différents niveaux d'humidité.

5.6 Méthode du four mobile (ISO 11907-3 [11])

5.6.1 But et principe

Cet essai spécifie une méthode générant une décomposition thermique des produits provenant des matériaux ou produits plastiques placés dans un flux d'air et permettant d'évaluer les effets des dommages dus à la corrosion des effluents du feu sur les cibles. Il n'est pas prévu que les résultats soient utilisés pour évaluer le risque de corrosivité des atmosphères des feux. Le modèle de décomposition est adapté pour simuler les principaux scénarios de feux, comme feu couvant, feu en développement avec formation de flammes et feu complètement développé.

Cette procédure décrit une méthode d'essai de décomposition dynamique pour l'évaluation des dommages dus à la corrosion d'une cible normalisée par modification de sa résistance électrique.

Un four circulaire est réglé à une température spécifiée (normalement 600 °C) et il est déplacé à 10 mm × min⁻¹ sur une éprouvette de 400 mm de long située dans une nacelle en quartz à l'intérieur d'un tube de verre en quartz à travers lequel de l'air passe à un débit spécifié (normalement 100 l × h⁻¹). D'autres températures et débits d'air peuvent être utilisés. Une cible de corrosion composée d'une carte imprimée en cuivre est exposée aux effluents du feu et la condensation est renforcée par l'utilisation d'un système de refroidissement. Après une exposition de 40 min, la cible est placée dans une chambre climatique à 23 °C et 75 % d'humidité relative. La résistance de la cible est mesurée après 1 h et après 24 h. Des temps de post-exposition plus longs peuvent également être utilisés. Les produits condensés réagissent avec le cuivre s'ils sont corrosifs et la variation de résistance de la cible est utilisée pour indiquer la quantité de dommages dus à la corrosion.

³ ISO TC 61/SC 4 et CEI TC 89/WG 11.

At the start of the test an initial resistance value, R_i , of the circuit is measured, and 60 min after the start of the test a final resistance value, R_f , is measured. A corrosivity value, R_{COR} , is calculated from these two values.

5.5.5 Special observations

This method was the product of a joint study between ISO and IEC³, and is based on a method first developed by CNET (“Centre National d’Etudes des Télécommunications”).

The method makes it possible to assess the direct corrosion damage effect of fire effluent and to observe corrosion deposits on a copper PWB. Although the method described refers only to copper corrosion, the test can be applied to other metallic and non-metallic materials in a variety of detector forms.

5.5.6 Repeatability and reproducibility

Only preliminary precision data are available at present. Results and conclusions from an interlaboratory trial of limited scope are given in Annex B of ISO 11907-2 [10]. ISO TC 61/SC 4 is currently conducting an interlaboratory test to assess the effect of temperature on the corrosion target and the internal humidity of the exposure chamber.

5.5.7 Relevance of test data to corrosion hazard assessment

The test method makes it possible to produce a ranking of materials in the order of the corrosivity of their combustion products under specific test conditions with regard to combustion temperature, available oxygen, ventilation and different humidity levels.

5.6 Travelling furnace method (ISO 11907-3 [11])

5.6.1 Purpose and principle

This test specifies a method of generating thermal decomposition products from plastic materials or products in an air stream and assessing the corrosion damage effects of these fire effluents on targets. It is not intended that the results be used to assess the corrosivity hazard of fire atmospheres. The decomposition model is suitable for simulating the main fire scenarios, such as a smouldering fire, a developing fire with flame formation, and a fully developed fire.

The procedure describes a dynamic decomposition test method for the assessment of the corrosion damage of a standardized target by the change in its electrical resistance.

An annular furnace is set to a specified temperature (normally 600 °C) and is moved at 10 mm × min⁻¹ over a 400 mm long test specimen located in a quartz cuvette inside a quartz glass tube through which air is passed at a specified flow rate (normally 100 l × h⁻¹). Other temperatures and air flow rates may be used. A corrosion target consisting of a copper printed wiring board (PWB) is exposed to the fire effluents and condensation is enhanced by using a cooling system. After a 40 min exposure the target is placed in an environmental chamber at 23 °C and 75 % relative humidity. The resistance of the target is measured after 1 h and after 24 h. Longer post-exposure times may also be used. Condensed products react with the copper if they are corrosive, and the change in resistance of the target is used to denote the amount of corrosion damage.

³ ISO TC 61/SC 4 and IEC TC 89/WG 11.

Le modèle de décomposition est fondé sur le four mobile de la DIN 53436-1 [12] et il est adapté pour simuler les principaux scénarios de feux, comme feu couvant, feu en développement avec formation de flammes et feu complètement développé. Cette méthode d'essai permet de maintenir un flux constant d'effluents pendant toute la durée de l'exposition. Cette méthode est applicable à tous les matériaux isolants combustibles à l'exception de ceux qui libèrent des effluents qui peuvent attaquer la surface de l'appareillage.

5.6.2 Eprouvette

L'éprouvette est typiquement constituée de 4,8 g de matériau à soumettre à l'essai. La longueur de l'échantillon est de 400 mm et sa largeur est normalement de 15 mm. L'échantillon peut être homogène ou constitué de couches de film ou de tissu ou peut être du matériau en vrac.

5.6.3 Cible de corrosion

5.6.3.1 Cible de résistance de piste en serpent

La cible de corrosion se compose d'une cible de résistance de piste en serpent telle que décrite en 5.5.3.

5.6.3.2 Cibles alternatives

Les cibles alternatives suivantes peuvent être utilisées:

a) Feuilles de métal

Feuilles réalisées dans les métaux suivants: fer, acier, cuivre, aluminium, zinc. Les dimensions de chaque feuille sont de 60 mm × 20 mm × l'épaisseur disponible maximale entre 0,7 mm et 1,0 mm. Les feuilles sont nettoyées avant exposition et tout produit de corrosion volatile est soigneusement éliminé par brossage sous l'eau courante après exposition. La variation de masse, Δm , est mesurée et d'autres paramètres peuvent être calculés comme la perte de métal par surface, la réduction moyenne en épaisseur et la vitesse de perte de masse par surface. Dans certains cas de corrosion, l'exposition conduira à une oxydation accélérée, auquel cas Δm sera positive, ce qui indique un gain de masse. Sinon Δm sera négative, ce qui indique une perte de masse due à la corrosion.

b) Cibles de résistance d'épaisseur de métal définie

Les cibles sont composées de deux éléments de circuit de métal identique assemblés sur un substrat non réactif. Un élément de circuit est actif et il est utilisé pour mesurer les dommages de corrosion; l'autre, revêtu d'un film protecteur, est utilisé comme référence. Les deux éléments de la cible sont exposés aux produits de combustion pendant l'essai. Le type de dommage de corrosion identifié est une augmentation de la résistance électrique due à la perte de métal conducteur. L'appareil de mesure du dommage de corrosion se compose d'un pont double, modifié pour la mesure de la variation de la résistance électrique des cibles de corrosion. La réduction d'épaisseur du métal est calculée à partir de la résistance électrique.

Le type de cible utilisé est déterminé par l'application et la gamme de dommages de corrosion. Deux cibles de cuivre ont été utilisées pour développer des données sur la corrosivité des produits de combustion. On a établi qu'une cible de 250 nm d'épaisseur nominale était susceptible d'engendrer une corrosion complète dans certains essais. Pour mesurer la corrosion au-delà de 250 nm, une cible de 4 500 nm d'épaisseur nominale est recommandée en plus, ou à la place, de la cible de 250 nm. Avec la cible de 250 nm, on a déterminé que les valeurs de perte de métal sont différentes de celles de la cible de 4 500 nm pour la même expérience. C'est pourquoi il convient de tenir compte des données de chaque cible de manière séparée et de ne pas les combiner en notant les résultats pour un matériau ou un produit sans référence appropriée à la cible utilisée.

Un schéma d'une cible de 4 500 nm est donné à la Figure 2.

The decomposition model is based on the DIN 53436-1 [12] travelling furnace and is suitable for simulating the main fire scenarios, such as a smouldering fire, a developing fire with flame formation, and a fully developed fire. The test method enables a constant flow of effluent to be maintained throughout the exposure time. The method is applicable to all combustible insulating materials with the exception of those which liberate effluent which may attack the surface of the apparatus.

5.6.2 Test specimen

The test specimen typically consists of 4,8 g of the material to be tested. The sample length is 400 mm and the width is normally 15 mm. The sample may be homogeneous, made up from layers of film or fabric, or may be loose bulk material.

5.6.3 Corrosion targets

5.6.3.1 Serpentine-track resistance target

The corrosion target consists of a serpentine-track resistance target as described in 5.5.3.

5.6.3.2 Alternative targets

The following alternative targets may be used:

a) Metal sheets

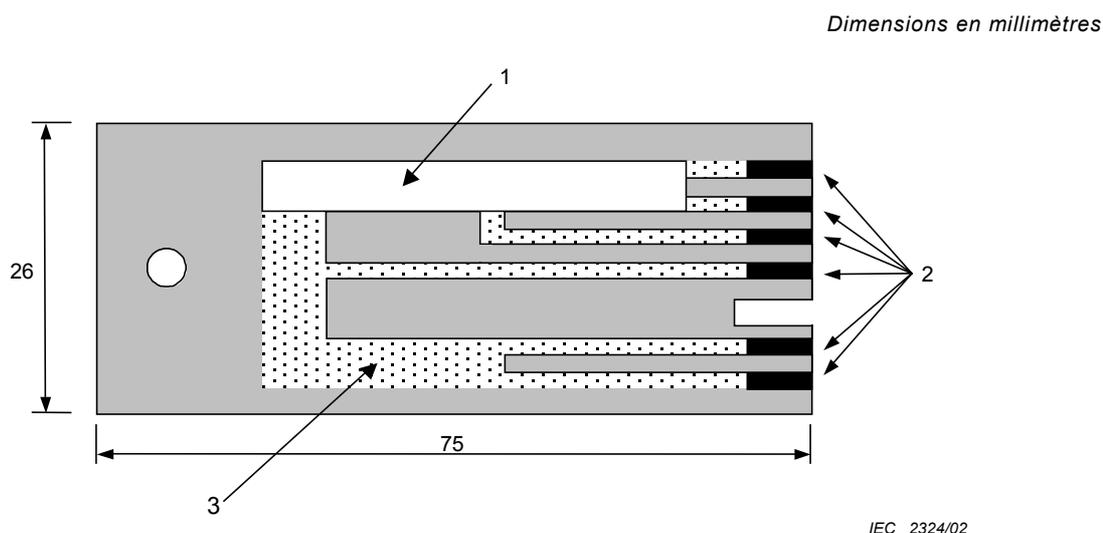
Sheets consisting of any of the following metals: iron, steel, copper, aluminium, zinc. The dimensions of each sheet are 60 mm × 20 mm × the maximum available thickness between 0,7 mm and 1,0 mm. The sheets are cleaned before exposure and any loose corrosion products are carefully removed by brushing under flowing water after exposure. The change in mass, Δm , is measured and other parameters may be calculated such as metal loss per unit area, average reduction in thickness, and rate of mass loss per unit area. In some cases of corrosion, exposure will lead to accelerated oxidation, in which case Δm will be positive, indicating a mass gain. Otherwise Δm will be negative, indicating a loss in mass due to corrosion.

b) Resistance targets of defined metal thickness

The targets are composed of two circuit elements of identical metal assembled on a non-reactive substrate. One circuit element is active and is used for measuring corrosion damage; the other, with a protective coating, is used as a reference. Both of the elements of the target are exposed to combustion products during the test. The type of corrosion damage identified is an increase in electrical resistance due to conductive metal loss. The corrosion-damage measuring instrument consists of a Kelvin bridge, modified for the measurement of the change in electrical resistance of corrosion targets. The reduction in thickness of the metal is calculated from the increase in electrical resistance.

The type of target used is determined by the application and by the range of corrosion damage. Two copper targets have been used to develop data on the corrosivity of combustion products. A target of 250 nm nominal thickness has been found to be susceptible to complete corrosion in some tests. To measure corrosion in excess of 250 nm, a target of 4 500 nm nominal thickness is recommended in addition to, or instead of, the 250 nm target. With the 250 nm target, metal loss values have been found to be different from those of the 4 500 nm target for the same experiment. Data from each target should therefore be considered separately, and not combined in reporting results for a material or product without appropriate reference to the target used.

A schematic diagram of a 4 500 nm target is depicted in Figure 2.



Légende

- 1 Elément actif
- 2 Connecteurs vers l'appareil de mesure de la corrosion
- 3 Elément de référence

NOTE L'élément de référence est protégé par un matériau non réactif.

Figure 2 – Schéma d'une cible de corrosion type d'épaisseur de métal définie

5.6.4 Méthode d'essai

Le dispositif d'essai permet la décomposition en continu d'une éprouvette sous forme de bande dans un tube en quartz d'une longueur de 1 300 mm.

Le tube en quartz, qui a un diamètre extérieur de 40 mm et une épaisseur de paroi de 2 mm, est placé à l'intérieur d'un four circulaire à température contrôlée de 100 mm de longueur. Le four est déplacé à une vitesse constante ($10 \text{ mm} \times \text{min}^{-1}$) le long de l'axe du tube d'une position 1 à une position 2. Pendant son déplacement, il passe sur l'éprouvette placée dans une nacelle en quartz située au fond du tube en quartz. L'éprouvette est balayée par un courant d'air de sens opposé à celui du déplacement du four.

Pour empêcher les gaz chauds de décomposition de préchauffer de manière non uniforme les parties d'éprouvette non encore décomposées, le sens de balayage de l'air est opposé à celui du déplacement du four. La température d'essai et sa répartition sont déterminées avec le corps de référence décrit dans la DIN 53436, Partie 1, Section 4.81 [12].

5.6.5 Observations spécifiques

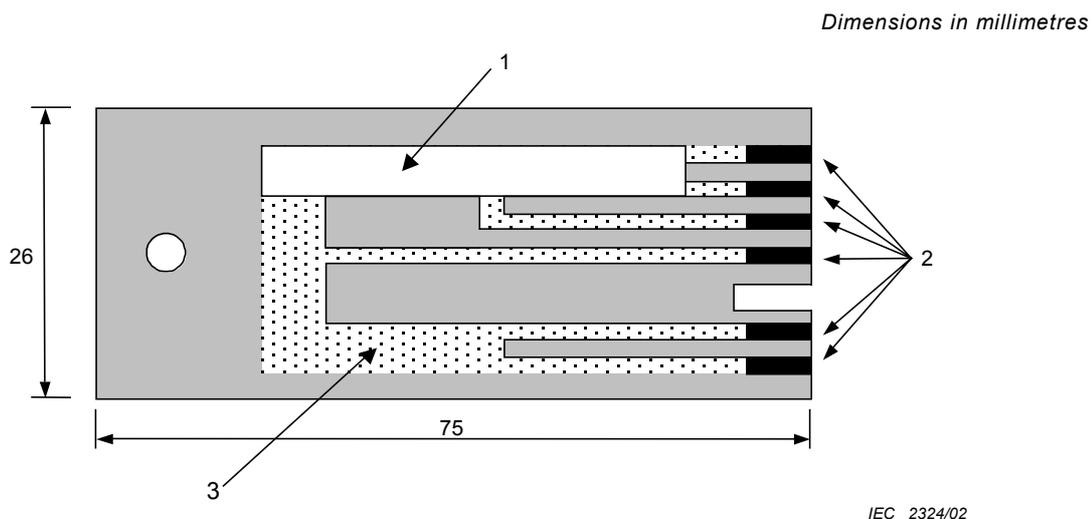
L'analyse des gaz est possible pendant l'essai.

5.6.6 Répétabilité et reproductibilité

Aucun résultat d'essais interlaboratoires n'est disponible à l'heure actuelle.

5.6.7 Pertinence des données d'essais concernant l'évaluation des risques de corrosion

A l'étude.

**Key**

- 1 Active element
- 2 Connectors to corrosion-measuring instrument
- 3 Reference element

NOTE The reference element is protected with a non-reactive material.

Figure 2 – Schematic drawing of a typical corrosion target of defined metal thickness

5.6.4 Test method

The apparatus continuously decomposes the strip-like test specimen in the 1 300 mm long quartz tube.

The quartz tube, which has an outside diameter of 40 mm and a wall thickness of 2 mm, is enclosed by a 100 mm long temperature controlled annular furnace. The furnace is moved at a constant speed ($10 \text{ mm} \times \text{min}^{-1}$) along the axis of the tube from a defined position 1 to a defined position 2. In doing so it passes over the test specimen, which is in a quartz glass cuvette at the bottom of the quartz tube. A stream of air is blown over the test specimen in a direction opposite to the direction in which the furnace moves.

The contrary motion of the furnace and air prevents the hot decomposition gases from unevenly preheating the not yet decomposed parts of the test specimen. The test temperature and its distribution are determined with the reference body described in DIN 53436, Part 1, Section 4.81 [12].

5.6.5 Special observations

Gas analysis is possible during the test.

5.6.6 Repeatability and reproducibility

No interlaboratory test results are currently available.

5.6.7 Relevance of test data to corrosion hazard assessment

Under consideration.

5.7 Méthode du corrosimètre conique

5.7.1 Normes

Deux normes sont fondées sur cette méthode, ISO 11907-4 [13] et ASTM D 5485 [14].

5.7.2 But et principe

Cet essai mesure l'effet des dommages de corrosion, par perte de métal d'une cible, des effluents de combustion de matériaux, de composants ou de produits. La perte de métal est calculée à partir de l'augmentation de la résistance électrique de la cible due à la diminution de la section conductrice.

5.7.3 Epreuve

L'éprouvette est limitée à des matériaux, composants ou produits finis ayant une surface maximale de 100 mm × 100 mm et une épaisseur normale de 6 mm.

5.7.4 Cible de corrosion

La cible de corrosion est une résistance de métal, d'épaisseur définie, comme décrit en 5.6.3.2.

5.7.5 Méthode d'essai

L'éprouvette est exposée à un flux de chaleur radiante. Un allumeur à étincelle est utilisé pour allumer les vapeurs combustibles. Les produits de décomposition ou de combustion sont aspirés au travers d'un conduit en forme d'entonnoir et une partie d'entre eux traverse en continu une chambre d'exposition qui maintient la cible de corrosion.

Deux essais préliminaires sont réalisés pour déterminer la valeur moyenne de perte de masse de 70 % de l'éprouvette. Au cours de l'essai de dommage de corrosion suivant, si une perte de masse de 70 % est atteinte en moins de 60 min, la cible est exposée aux gaz qui s'écoulent jusqu'à obtention de la valeur de perte de masse de 70 %. La chambre d'exposition est ensuite scellée et l'exposition continue jusqu'à ce que 60 min se soient écoulées depuis le début de l'essai. Si une perte de masse de 70 % n'est pas atteinte en moins de 60 min, la cible est exposée aux gaz qui s'écoulent jusqu'à ce que 60 min se soient écoulées depuis le début de l'essai.

Après exposition, la perte de métal est calculée à partir de l'augmentation de la résistance électrique de la cible. La cible est ensuite placée dans une chambre séparée avec une humidité relative contrôlée de 75 % et une température de 23 °C, pendant 24 h après quoi la perte de métal est de nouveau déterminée.

5.7.6 Observations spécifiques

Cette méthode permet l'essai de certains produits finis ainsi que l'évaluation des effets directs des dommages de corrosion du cuivre sur un circuit imprimé.

L'ASTM D 5485 est destinée à être utilisée dans les évaluations des isolations électriques ou des revêtements pour obtenir des données complémentaires pour aider à la conception des isolations électriques ou des revêtements ou pour le développement et la recherche de ceux-ci. L'essai ASTM ne prescrit pas de niveau de flux de chauffage à utiliser mais indique qu'il conviendrait au scénario de feu étudié (jusqu'à 100 kW × m⁻²).

L'ISO 11907-4 est destinée à l'évaluation des matériaux ou des produits pour les données complémentaires pour aider à la conception des produits et à des fins de développement et de recherche. L'essai ISO recommande une irradiation de 50 kW × m⁻² ou d'autres flux de chauffage jusqu'à 100 kW × m⁻².

5.7 Cone corrosimeter method

5.7.1 Standards

Two standards are based on this method, ISO 11907-4 [13] and ASTM D 5485 [14].

5.7.2 Purpose and principle

This test measures the corrosion damage effect, by loss of metal from a target, of the combustion effluents of materials, components or products. The metal loss is calculated from the increase in electrical resistance of the target due to the decrease in conductive cross-sectional area.

5.7.3 Test specimen

The test specimen is limited to a material, component or finished product with a maximum size of 100 mm × 100 mm in area and normally 6 mm in thickness.

5.7.4 Corrosion target

The corrosion target is a resistance target of defined metal thickness as described in 5.6.3.2.

5.7.5 Test method

The test specimen is exposed to a radiant heat flux. A spark igniter is used to ignite the combustible vapours. The products of decomposition or combustion are channelled through a funnel, and a portion of them continuously flows through an exposure chamber which holds the corrosion target.

Two preliminary tests are run to determine the average 70 % mass loss value of the test specimen. In the subsequent corrosion damage test, if a 70 % mass loss is attained in less than 60 min, the target is exposed to the flowing gases until the 70 % mass loss value is obtained. The exposure chamber is then sealed and exposure continues until 60 min have elapsed from the start of the test. If a 70 % mass loss is not attained in less than 60 min, the target is exposed to the flowing gases until 60 min have elapsed from the start of the test.

After exposure, the metal loss is calculated from the increase in electrical resistance of the target. The target is then placed in a separate chamber, with a controlled relative humidity of 75 % and at a temperature of 23 °C, for 24 h after which the metal loss is again determined.

5.7.6 Special observation

The method makes it possible to test some finished products and to assess the direct corrosion damage effects on copper in a printed circuit board.

ASTM D 5485 is intended for use in evaluations of electrical insulations or covering products, for additional data to assist in the design of electrical insulations or covering products, or for development and research of electrical insulations or coverings products. The ASTM test does not prescribe the heating flux level to be used but states that it should be relevant to the fire scenario being investigated (up to 100 kW × m⁻²).

ISO 11907-4 is intended for the evaluation of materials or products, for additional data to assist in the design of products, and for development and research purposes. The ISO test recommends an irradiance of 50 kW × m⁻² or other heating fluxes up to 100 kW × m⁻².

5.7.7 Répétabilité et reproductibilité

Aucun résultat d'essais interlaboratoires n'est disponible à l'heure actuelle.

5.7.8 Pertinence des données d'essais concernant l'évaluation des risques de corrosion

Il convient d'utiliser cette méthode pour mesurer et décrire la réponse des matériaux et/ou des produits à la chaleur et aux flammes dans des conditions contrôlées mais il ne convient pas de l'utiliser pour décrire ou apprécier les risques du feu des matériaux dans les conditions de feu réelles. Cependant, les résultats de cet essai peuvent être utilisés comme éléments d'une évaluation d'un risque du feu dans la mesure où ils concernent une utilisation finale particulière.

6 Courant de fuite et perte de métal (CEI 60695-5-3)

6.1 But et principe

Cette méthode d'essai permet à la fois la mesure des dommages de corrosion avec courant de fuite [15] et perte de métal. Dans les essais de courant de fuite, on utilise comme cibles des cartes imprimées à impressions en peigne interdigitées normalisées pour déterminer la propension des produits de combustion d'une éprouvette à développer des chemins de courant de fuite dans les circuits de cartes imprimées. Les dommages de corrosion avec perte de métal peuvent être déterminés en mesurant la perte de masse des feuilles métalliques ou en mesurant la résistance électrique des cibles appropriées, lorsqu'elles sont exposées aux produits de combustion d'éprouvettes.

Le modèle de décomposition est adapté pour simuler les feux aux étapes 1a, 2 et 3a.

6.2 Epreuve

L'éprouvette est constituée de 1 g de matériau prélevé sur un lot plus important de matériau brut ou sur un produit discret ou sur une partie d'un produit ou sur un composant d'un produit.

6.3 Cibles de corrosion

6.3.1 Mesure du courant de fuite

La cible de courant de fuite est utilisée pour mesurer le courant de fuite qui peut être causé par le dépôt de produits de combustion électriquement conducteurs à la surface des cartes imprimées. La cible, telle qu'elle est présentée à la Figure 3, est un circuit en cuivre interdigité. La largeur des éléments conducteurs et l'espace entre eux est de 0,32 mm. Les surfaces en cuivre sont étamées et montées sur un stratifié de carte imprimée de 1,6 mm d'épaisseur.

Après exposition aux produits de la combustion, la cible est soumise à des augmentations par paliers d'humidité relative tout en étant sous tension avec un potentiel de 50 V en courant continu. Le courant de fuite qui traverse le circuit imprimé en peigne est mesuré avec des augmentations de l'humidité relative de 10 % comprises entre 30 % et 90 % d'humidité relative.

5.7.7 Repeatability and reproducibility

No interlaboratory test results are currently available.

5.7.8 Relevance of test data to corrosion hazard assessment

The method should be used to measure and describe the response of materials and/or products to heat and flame under controlled conditions but should not be used to describe or appraise the fire hazard or fire risk of materials under actual fire conditions. However, results of this test may be used as elements of a fire hazard or risk assessment, insofar as they relate to a particular end use.

6 Leakage current and metal loss (IEC 60695-5-3)

6.1 Purpose and principle

This test method allows the measurement of both leakage current [15] and metal loss corrosion damage. In leakage current tests, standardized interdigitated comb pattern printed wiring board targets are used in order to determine the propensity of the test specimen's combustion products to develop leakage current paths in printed wiring board circuitry. Metal loss corrosion damage may be determined by measuring the mass loss of metal foils, or by measuring the electrical resistance of appropriate targets when they are exposed to the test specimen's combustion products.

The decomposition model is suitable for simulating stages 1a, 2 and 3a fires.

6.2 Test specimen

The test specimen comprises 1 g of material taken from a larger batch of raw material, or from a discrete product, or from a part of a product or from a component of a product.

6.3 Corrosion targets

6.3.1 Leakage current measurement

The leakage current target is used to measure leakage current which can be caused by the deposition of electrically conductive combustion products on the surface of printed wiring boards. The target, as shown in Figure 3, is a copper interdigitated circuit. The width of the conducting elements and the spacing between the conducting elements is 0,32 mm. The copper surfaces are solder tinned and mounted on a 1,6 mm thick printed wiring board laminate.

After exposure to combustion products, the target is subjected to stepped increases in relative humidity while energized with a potential of 50 V d.c. The leakage current across the target's comb pattern circuit is measured at 10 % relative humidity increments ranging from 30 % relative humidity to 90 % relative humidity.

Dimensions en millimetres

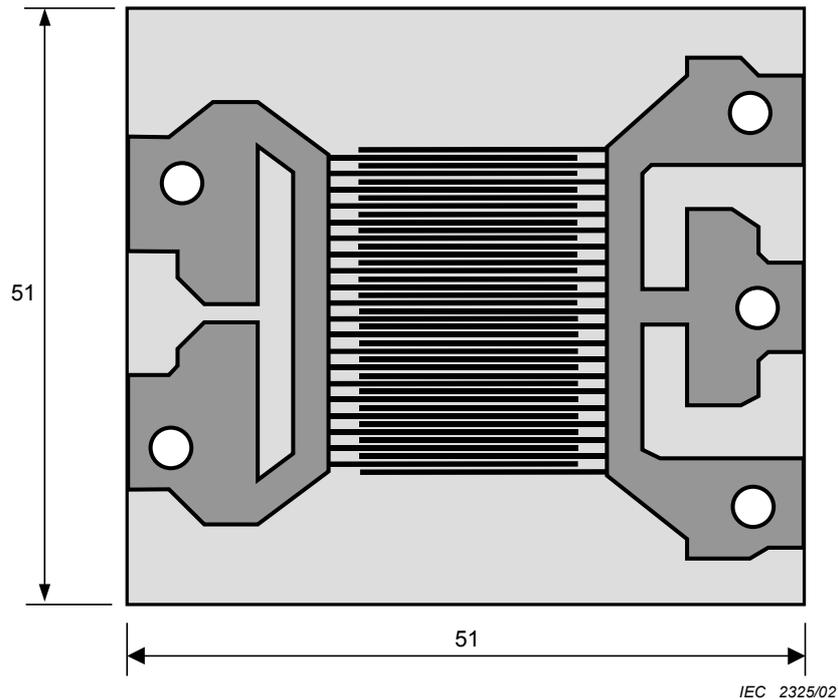


Figure 3 – Cible de courant de fuite interdigité

6.3.2 Mesure des dommages de corrosion avec perte de métal

La perte de métal est directement mesurée en utilisant des feuilles de métal ou indirectement à partir de la mesure des cibles de résistance électrique appropriées. Des détails de ces cibles sont donnés en 5.5.3 et 5.6.3.2.

6.4 Méthode d'essai

Les produits de combustion sont générés en chauffant l'éprouvette dans un flux d'air à l'intérieur d'un four tubulaire. Différentes températures et différents flux d'air sont utilisés pour simuler différentes conditions de feu. Les cibles sont exposées aux produits de combustion dans des conditions définies et ensuite des mesures de perte de métal ou de résistance électrique ou de courant de fuite sont réalisées.

7 Vue d'ensemble des méthodes et pertinence des données

Les méthodes présentées aux Articles 5 et 6 sont résumées au Tableau 2 ci-dessous, en termes de limitations de méthode d'essai et d'applicabilité aux étapes de feu définies au Tableau 1. Il convient que les comités de produits désirant adopter ou modifier l'une des ces méthodes d'essai s'assurent que la méthode est appropriée et adaptée à l'usage prévu.

Les essais sont prévus pour être employés pour évaluer le degré relatif des effets possibles des dommages de corrosion des gaz dégagés lors d'un feu sur les matériaux et les produits exposés dans des conditions de laboratoire contrôlées et il convient de ne pas le prendre en compte ni de l'utiliser pour décrire ou apprécier le risque de corrosion de matériaux, de produits ou de systèmes dans des conditions réelles de feu.

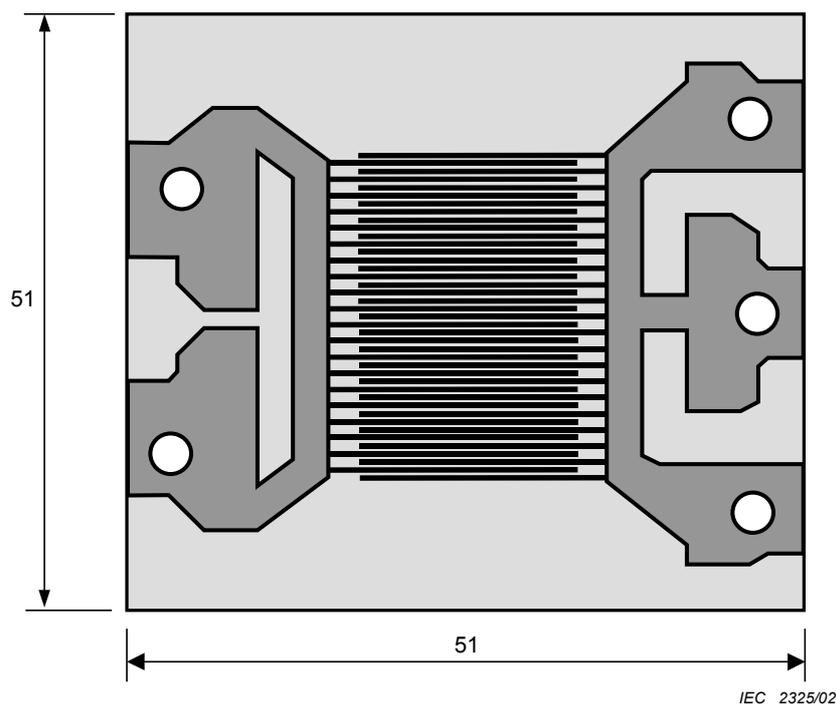
Dimensions in millimetres

Figure 3 – Interdigitated leakage current target

6.3.2 Metal loss corrosion damage measurement

Metal loss is measured directly using metal foils, or indirectly from the measurement of appropriate electrical resistance targets. Details of these targets are given in 5.5.3 and 5.6.3.2.

6.4 Test method

Combustion products are generated by heating the test specimen in a flow of air in a tube furnace. Different temperatures and air flows are used to simulate different fire conditions. The targets are exposed to the combustion products under defined conditions and then measurements of metal loss or electrical resistance or leakage current are made.

7 Overview of methods and relevance of data

The methods outlined in Clauses 5 and 6 are summarized in Table 2 below, in terms of limitations of the test method, and applicability to the fire stages defined in Table 1. Product committees intending to adopt or modify any of these test methods should ensure that the method is appropriate and suitable for the intended use.

The tests are intended to be used to evaluate the relative degree of possible corrosion damage effects of fire gases to exposed materials and products under controlled laboratory conditions, and should not be considered, or used, for describing or appraising the corrosion risk of materials, products or systems under actual fire conditions.

Pour évaluer le risque des dommages dus à la corrosion lorsque les matériaux brûlent, il convient de combiner le classement des matériaux par corrosivité avec leurs caractéristiques de réponse à la chaleur et aux flammes (par exemple allumabilité, propagation de flamme en surface, vitesse de dégagement de la chaleur). L'évaluation du risque des dommages dus à la corrosion en cas de feu implique la prise en compte de nombreux facteurs intégrant la charge en carburant, l'intensité de combustion, les conditions de ventilation, les niveaux d'humidité et la nature des surfaces exposées.

NOTE Ces méthodes sont fondées sur une grande variété de modèles feu et de formes d'éprouvettes, qui peuvent affecter la nature des produits corrosifs générés par un matériau ou un produit. C'est pourquoi on ne peut pas partir de l'hypothèse selon laquelle la classification des données de corrosion de matériaux ou de produits d'un essai sera la même que celle d'un autre essai.

In order to assess the risk of corrosion damage when materials burn, the ranking of materials by corrosivity should be combined with their heat and flame response characteristics (for example, ignitability, surface spread of flame, rate of heat release). The assessment of risk of corrosion damage in the event of fire requires consideration of many factors including fuel load, intensity of burning, ventilation conditions, humidity levels and the nature of the exposed surfaces.

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

Tableau 2 – Vue d'ensemble des méthodes d'essai de corrosivité

Méthode d'essai	Référence de l'article	Type de méthode d'essai	Limitations sur éprouvettes	Pertinence pour une étape de feu						Limitations d'utilisation comme essai isolé à usage réglementaire
				1(a)	1(b)	1(c)	2	3(a)	3(b)	
Détermination des acides halogénés dans les gaz de combustion	5.2	Indirect	500 mg à 1 000 mg de matériau à essayer, découpé en petits morceaux	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	Seulement si la corrélation entre la valeur mesurée et le potentiel de corrosivité a été établie
Détermination de l'acidité et de la conductivité des gaz de combustion dissous dans une solution aqueuse	5.3	Indirect	500 mg à 1 000 mg de matériau à essayer, découpé en petits morceaux	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	Seulement si la corrélation entre la valeur mesurée et le potentiel de corrosivité a été établie
Essai au miroir en cuivre	5.4	Produit simulé (perte de métal)	Echantillons de 2,5 cm de long prélevés sur tubes thermorétractables	Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Seulement si la perte de métal est considérée comme critère
Méthode statique	5.5	Produit simulé (perte de métal)	600 mg de matériau à essayer sous forme de granules ou de particules	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Travaux d'expérimentation limités, applicabilité inconnue
Four mobile	5.6	Produit simulé (perte de métal)	400 mm de long × 15 mm de large. Epaisseur pour donner une masse de 4,8 g	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Seulement si la perte de métal est considérée comme critère
Corrosimètre conique	5.7	Produit simulé (perte de métal)	100 mm × 100 mm × 6 mm sur échantillon représentatif de matériau ou de produit fini	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Seulement si la perte de métal est considérée comme critère
CEI 60695-5-3	6	Produit simulé (courant de fuite et perte de masse)	1 g de matériau à essayer	Oui	Non	Non	Oui	Oui	Non	Travaux d'expérimentation limités applicabilité inconnue

Table 2 – Overview of corrosivity test methods

Test method	Clause reference	Type of test method	Limitations on test specimen	Relevance to stage of fire						Limitations on use as an isolated test for regulatory purposes
				1(a)	1(b)	1(c)	2	3(a)	3(b)	
Determination of halogen acid in combustion gases	5.2	Indirect	500 mg to 1 000 mg of the material to be tested, cut into small pieces	No	No	Yes	No	No	No	Only where the correlation between the measured value and the corrosivity potential has been established
Determination of the acidity and conductivity of combustion gases dissolved in an aqueous solution	5.3	Indirect	500 mg to 1 000 mg of the material to be tested, cut into small pieces	No	No	Yes	No	No	No	Only where the correlation between the measured value and the corrosivity potential has been established
Copper mirror test	5.4	Simulated product (metal loss)	2,5 cm long samples cut from heat-shrinkable tubing	No	Yes	No	No	No	No	Only where metal loss is of concern
Static method	5.5	Simulated product (metal loss)	600 mg of the material to be tested, in the form of granules or chips	No	No	No	Yes	No	No	Only limited experimental work has been done and the applicability is unknown
Travelling furnace	5.6	Simulated product (metal loss)	400 mm long × 15 mm wide. Thickness to give a mass of 4,8 g	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Only where metal loss is of concern
Cone corrosimeter	5.7	Simulated product (metal loss)	100 mm × 100 mm × 6 mm cut from a representative sample of the material or end product	No	Yes	No	Yes	No	Yes	Only where metal loss is of concern
IEC 60695-5-3	6	Simulated product (leakage current and metal loss)	1 g of the material to be tested	Yes	No	No	Yes	Yes	No	Only limited experimental work has been done and the applicability is unknown

Annexe A
(informative)

**Acidité et conductivité des solutions aqueuses –
Méthodes d'essai**

**Tableau A.1 – Méthodes d'essai pour la mesure de l'acidité et de
la conductivité des solutions aqueuses obtenues après barbotage
des effluents de combustion dans l'eau**

Paramètres	CEI 60754-2 [3]	CAN/CSA C22.2 [6]	DIN VDE 0472, partie 813 [7]	NF C 20-453 [8]
Température de combustion (°C)	950 ± 15	800 ± 10	750 à 800	800 ± 10
Masse de l'éprouvette (mg)	1 000 ± 5	500 ± 50	1 000	500 ± 1
Nature de l'éprouvette	Divisée en petits fragments	–	–	Un seul morceau
Débit d'air (dm ³ × h ⁻¹)	15 à 30	6 approximativement	10 ± 3	15 à 30
Volume d'eau pour absorption (cm ³)	1 000	600	170	75 ± 5
Volume final pour mesure (cm ³)	1 000	1 000	170	500
Moment de mesure	Après la combustion	Après la combustion	Pendant et après la combustion	Après la combustion

Annex A (informative)

Acidity and conductivity of aqueous solutions – Test methods

**Table A.1 – Test methods for the measurement of acidity and conductivity
of aqueous solutions obtained after bubbling combustion effluent through water**

Parameters	IEC 60754-2 [3]	CAN/CSA C22.2 [6]	DIN VDE 0472, part 813 [7]	NF C 20-453 [8]
Temperature of combustion (°C)	950 ± 15	800 ± 10	750 to 800	800 ± 10
Test specimen mass (mg)	1 000 ± 5	500 ± 50	1 000	500 ± 1
Nature of test specimen	Divided into small pieces	–	–	One piece only
Air flow rate (dm ³ × h ⁻¹)	15 to 30	Approximately 6	10 ± 3	15 to 30
Volume of water for absorption (cm ³)	1 000	600	170	75 ± 5
Final volume for measurement (cm ³)	1 000	1 000	170	500
Time of measurement	After combustion	After combustion	During and after combustion	After combustion

Annexe B (informative)

Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité – Essais comparatifs des solutions de gaz de combustion

Ces essais ont été réalisés lors de la mise au point de la norme française NF C 20-453 [8]. Il a été établi que la répétabilité et la reproductibilité sont meilleures lorsque les matériaux essayés sont homogènes et non chargés.

Dans les Tableaux B.1, B.2 et B.3, chaque valeur numérique est la moyenne de quatre mesures, sauf lorsque le nombre de mesures indiqué entre parenthèses, après la valeur caractéristique, est différent. Dans certains cas, les valeurs minimales ou maximales sont données à la place de la valeur moyenne. La méthode d'essai utilisée est décrite dans la norme française NF C 20-453 (voir également l'Annexe A).

Répétabilité et reproductibilité

Les valeurs estimées de ces paramètres sont:

- répétabilité: 4 % à 7 %;
- reproductibilité: 9 % à 11 %.

(voir les résultats expérimentaux dans les Tableaux B.1, B.2 et B.3).

Annex B (informative)

Determination of repeatability and reproducibility – Comparative tests of solutions of combustion gases

These tests were carried out during the study of the French standard NF C 20-453 [8]. It was found that the repeatability and the reproducibility were better when the tested materials were homogeneous, without filler.

In Tables B.1, B.2 and B.3 each numerical value is the average obtained from four measurements, except when a different number of measurements is indicated in brackets, after the value of the parameter. In some cases minimum values or maximum values are given instead of the average value. The procedure used is described in French standard NF C 20-453 (see also Annex A).

Repeatability and reproducibility

The estimated value of these parameters are:

- repeatability: 4 % to 7 %;
- reproducibility: 9 % to 11 %.

(see experimental results in Tables B.1, B.2 and B.3).

**Tableau B.1 – Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité –
Essais comparatifs de pH sur des solutions de gaz de combustion**

Laboratoire n°	pH	Matériau A	Matériau B	Matériau C	Matériau D	Matériau E	Matériau F	Matériau G	Matériau H
1	Moyenne	2,87	8,1	8,1 max.	4,03	6,33 max.	4,93	8,03	2,2
	Ecart type	0,12	0	0,06	0,06	0,49	0,12	0,23	0,1
2	Moyenne	2,67 min.	–	5,93 min.	4	4,23 min.	4,26 min.	6,18	2,26
	Ecart type	0,06	–	0,15	0,11	0,03	0,04	0,1	0,08
3	Moyenne	2,85	7,53	7,32	4,1	5,75	–	8,34	2,2
	Ecart type	0,13	0,16	0,48	0,1	0,33	–	0,77	0,1
4	Moyenne	3,02 max.	7,7	7,6 (n = 6)	4,28 max.	5,14 (n = 5)	4,67 (n = 7)	8,3	2,31 (n = 7)
	Ecart type	0,03	0,09	0,17	0,08	0,18	0,18	0,26	0,07
5	Moyenne	2,87	–	–	3,8	4,47	4,33	6,33	2,35 (n = 3)
	Ecart type	0,08	–	–	0,05	0,06	0,06	0,23	0
6	Moyenne	2,79	6,44 min.	6,25	4,11 (n = 14)	4,6	4,52	8,5 max.	2,12
	Ecart type	0,06	0,1	0,05	0,28	0,08	0,02	0,26	0,01
7	Moyenne	2,81	7,28	6,53	4,25	5,1	4,75	6,8	–
	Ecart type	0,035	0,65	0,82	0,05	0,04	0,05	0,13	–
8	Moyenne	2,74 (n = 1)	8,36 (n = 1)	8,32 (n = 1)	3,65 (n = 1)	6,31 (n = 1)	5,49 (n = 1)	7,36	1,95 max. (n = 2)
	Ecart type	0	0	0	0	0	0	0,3	0,01
9	Moyenne	2,72	7,07	7,1	3,86	5,93	4,78	6,01 min.	–
	Ecart type	0,06	0,04	0,18	0,12	0,26	0,06	0,21	–

**Table B.1 – Determination of repeatability and reproducibility –
Comparative pH tests on solutions of combustion gases**

Laboratory no.	pH	Material A	Material B	Material C	Material D	Material E	Material F	Material G	Material H
1	Average Standard deviation	2,87 0,12	8,1 0	8,1 max. 0,06	4,03 0,06	6,33 max. 0,49	4,93 0,12	8,03 0,23	2,2 0,1
2	Average Standard deviation	2,67 min. 0,06	– –	5,93 min. 0,15	4 0,11	4,23 min. 0,03	4,26 min. 0,04	6,18 0,1	2,26 0,08
3	Average Standard deviation	2,85 0,13	7,53 0,16	7,32 0,48	4,1 0,1	5,75 0,33	– –	8,34 0,77	2,2 0,1
4	Average Standard deviation	3,02 max. 0,03	7,7 0,09	7,6 (n = 6) 0,17	4,28 max. 0,08	5,14 (n = 5) 0,18	4,67 (n = 7) 0,18	8,3 0,26	2,31 (n = 7) 0,07
5	Average Standard deviation	2,87 0,08	– –	– –	3,8 0,05	4,47 0,06	4,33 0,06	6,33 0,23	2,35 (n = 3) 0
6	Average Standard deviation	2,79 0,06	6,44 min. 0,1	6,25 0,05	4,11 (n = 14) 0,28	4,6 0,08	4,52 0,02	8,5 max. 0,26	2,12 0,01
7	Average Standard deviation	2,81 0,035	7,28 0,65	6,53 0,82	4,25 0,05	5,1 0,04	4,75 0,05	6,8 0,13	– –
8	Average Standard deviation	2,74 (n = 1) 0	8,36 (n = 1) 0	8,32 (n = 1) 0	3,65 (n = 1) 0	6,31 (n = 1) 0	5,49 (n = 1) 0	7,36 0,3	1,95 max. (n = 2) 0,01
9	Average Standard deviation	2,72 0,06	7,07 0,04	7,1 0,18	3,86 0,12	5,93 0,26	4,78 0,06	6,01 min. 0,21	– –

**Tableau B.2 – Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité –
Essais comparatifs de résistivité sur des solutions de gaz de combustion**

Laboratoire n°	Résistivité $\Omega \times \text{cm}$	Matériau A	Matériau B	Matériau C	Matériau D	Matériau E	Matériau F	Matériau G	Matériau H
1	Moyenne	2 200	15 600	20 330	21 000	437 000	97 700	9 800	480
	Ecart type	520	2 780	577	1 000	142 000	6 350	1 320	40
2	Moyenne	545 min.	–	59 000 max.	21 000	607 000	109 000	140 000	540
	Ecart type	88	–	2 000	1 000	23 100	35 800	10 000	52,9
3	Moyenne	2 450 max.	12 800	14 830	28 700	106 000	–	19 430	486
	Ecart type	610	609	290	2 660	63 800	–	6 470	82
4	Moyenne	1 573	17 410	18 742 ($n = 6$)	21 908	106 655 ($n = 5$)	51 756 ($n = 7$)	11 300	345 ($n = 7$)
	Ecart type	50	997	2 335	1 914	22 546	7 729	2 076	8
5	Moyenne	1 533	–	–	14 000	81 667	53 333	20 667	343
	Ecart type	252	–	–	1 732	4 163	2 082	1 528	12
6	Moyenne	1 660	10 070 min.	8 710	19 600 ($n = 14$)	63 500	28 500	9 230	356
	Ecart type	102	1 975	1 680	9 452	9 125	5 577	2 665	24
7	Moyenne	1 487	35 370	45 700	26 470	146 700	65 170	14 430	–
	Ecart type	47,3	31 905	36 645	3 180	41 970	2 200	764	–
8	Moyenne	1 700 ($n = 1$)	27 000 ($n = 1$)	18 000 ($n = 1$)	8 800 ($n = 1$)	17 600 ($n = 1$)	36 000 ($n = 1$)	13 300	320 ($n = 2$)
	Ecart type	0	0	0	0	0	0	3 300	14
9	Moyenne	1 922	61 010 max.	50 810	25 730	127 900	110 900	20 260	–
	Ecart type	109	5 930	9 630	7 310	2 840	11 000	1 350	–

**Table B.2 – Determination of repeatability and reproducibility –
Comparative resistivity tests on solutions of combustion gases**

Laboratory no.	Resistivity $\Omega \times \text{cm}$	Material A	Material B	Material C	Material D	Material E	Material F	Material G	Material H
1	Average Standard deviation	2 200 520	15 600 2 780	20 330 577	21 000 1 000	437 000 142 000	97 700 6 350	9 800 1 320	480 40
2	Average Standard deviation	545 min. 88	– –	59 000 max. 2 000	21 000 1 000	607 000 23 100	109 000 35 800	140 000 10 000	540 52,9
3	Average Standard deviation	2 450 max. 610	12 800 609	14 830 290	28 700 2 660	106 000 63 800	– –	19 430 6 470	486 82
4	Average Standard deviation	1 573 50	17 410 997	18 742 ($n = 6$) 2 335	21 908 1 914	106 655 ($n = 5$) 22 546	51 756 ($n = 7$) 7 729	11 300 2 076	345 ($n = 7$) 8
5	Average Standard deviation	1 533 252	– –	– –	14 000 1 732	81 667 4 163	53 333 2 082	20 667 1 528	343 12
6	Average Standard deviation	1 660 102	10 070 min. 1 975	8 710 1 680	19 600 ($n = 14$) 9 452	63 500 9 125	28 500 5 577	9 230 2 665	356 24
7	Average Standard deviation	1 487 47,3	35 370 31 905	45 700 36 645	26 470 3 180	146 700 41 970	65 170 2 200	14 430 764	– –
8	Average Standard deviation	1 700 ($n = 1$) 0	27 000 ($n = 1$) 0	18 000 ($n = 1$) 0	8 800 ($n = 1$) 0	17 600 ($n = 1$) 0	36 000 ($n = 1$) 0	13 300 3 300	320 ($n = 2$) 14
9	Average Standard deviation	1 922 109	61 010 max. 5 930	50 810 9 630	25 730 7 310	127 900 2 840	110 900 11 000	20 260 1 350	– –

Tableau B.3 – Résultats obtenus sur polycarbonate bromé

Laboratoire n°	Flux d'air $l \times h^{-1}$	Résistivité $\Omega \times cm$			pH		
		Moyenne	Ecart type	Variance	Moyenne	Ecart type	Variance
1	30	21 000	1 000	0,048	4,03	0,06	0,014
2	30	21 000	1 000	0,048	4,00	0,11	0,027
3	30	28 700	2 660	0,093	4,10	0,10	0,023
4	30	21 900	1 900	0,087	4,28	0,08	0,018
5	30	14 000	1 730	0,124	3,80	0,05	0,013
6	11	19 600	a	a	4,11	a	a
7	30	26 500	3 200	0,121	4,27	0,05	0,011
8 ^b	–	–	–	–	–	–	–
9	60	25 700	7 300	0,284	3,86	0,12	0,031

^a Aucune donnée disponible.
^b Pas d'essai réalisé.

Table B.3 – Results obtained on brominated polycarbonate

Laboratory no.	Air flow $l \times h^{-1}$	Resistivity $\Omega \times cm$			pH		
		Average	Standard deviation	Variance	Average	Standard deviation	Variance
1	30	21 000	1 000	0,048	4,03	0,06	0,014
2	30	21 000	1 000	0,048	4,00	0,11	0,027
3	30	28 700	2 660	0,093	4,10	0,10	0,023
4	30	21 900	1 900	0,087	4,28	0,08	0,018
5	30	14 000	1 730	0,124	3,80	0,05	0,013
6	11	19 600	a	a	4,11	a	a
7	30	26 500	3 200	0,121	4,27	0,05	0,011
8 ^b	–	–	–	–	–	–	–
9	60	25 700	7 300	0,284	3,86	0,12	0,031

^a No data available.
^b No test carried out.

Bibliographie

- [1] CEI 60754-1:1994, *Essais sur les gaz émis lors de la combustion de matériaux prélevés sur câbles – Partie 1: Détermination de la quantité de gaz acides halogénés*
- [2] EN 50267-2-1:1998, *Méthodes d'essai communes aux câbles soumis au feu – Essais sur les gaz émis lors de la combustion d'un matériau prélevé sur un câble – Partie 2-1: Procédures – Détermination de la quantité de gaz acides halogénés*
- [3] CEI 60754-2:1991, *Essais sur les gaz émis lors de la combustion des câbles électriques – Partie 2: Détermination de l'acidité des gaz émis lors de la combustion d'un matériau prélevé sur un câble par mesurage du pH et de la conductivité*
Amendement 1 (1997)
- [4] EN 50267-2-2:1998, *Essais des gaz émis lors de la combustion de matériaux prélevés sur des câbles – Partie 2-2: Détermination de l'acidité des gaz des matériaux par une mesure du pH et de la conductivité*
- [5] EN 50267-2-3:1998, *Essais des gaz émis lors de la combustion de matériaux prélevés sur des câbles – Partie 2-3: Détermination de l'acidité des gaz des câbles par une mesure de la moyenne pondérée du pH et de la conductivité*
- [6] CAN/CSA-C22.2 No. 0.3, *Test Methods for Electrical Wires and Cables*
- [7] DIN VDE 0472, Part 813:1992, *Testing of cables, wires and flexible cords; corrosivity of combustion gases*
- [8] NF C 20-453:1985, *Détermination conventionnelle de la corrosivité des fumées*
- [9] ASTM D 2671 – 00, *Standard Test Methods for Heat-Shrinkable Tubing for Electrical Use*
- [10] ISO 11907-2:1995, *Plastiques – Production de fumées – Détermination de la corrosivité des effluents du feu – Partie 2: Méthode statique*
- [11] ISO 11907-3:1998, *Plastiques – Production de fumées – Détermination de la corrosivité des effluents du feu – Partie 3: Méthode dynamique de décomposition utilisant un four mobile*
- [12] DIN 53436-1:1981, *Producing thermal decomposition products from materials in an air stream and their toxicological testing; decomposition apparatus and determination of test-temperature*
- [13] ISO 11907-4:1998, *Plastiques – Production de fumées – Détermination de la corrosivité des effluents du feu – Partie 4: Méthode dynamique de décomposition utilisant un radiateur conique*
- [14] ASTM D 5485:1999, *Standard Test Method for Determining the Corrosive Effect of Combustion Products Using the Cone Corrosimeter*
- [15] "Comparison of communications LAN cable smoke corrosivity by US and IEC test methods.", J.T.Chapin, P.Gandhi and L.M.Caudill, Fire Risk and Hazard Research Symposium, San Francisco, CA, June 25-27, 1997
- [16] CEI 60695-1-1:1999, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 1-1: Guide pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Directives générales*

Bibliography

- [1] IEC 60754-1:1994, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 1: Determination of the amount of halogen acid gas*
 - [2] EN 50267-2-1:1998, *Common test methods for cables under fire conditions – Tests on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 2-1: Procedures – Determination of the amount of halogen acid gas*
 - [3] IEC 60754-2:1991, *Test on gases evolved during combustion of electric cables – Part 2: Determination of degree of acidity of gases evolved during the combustion of materials taken from electric cables by measuring pH and conductivity*
Amendment 1 (1997)
 - [4] EN 50267-2-2:1998, *Common test methods for cables under fire conditions – Tests on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 2-2: Procedures – Determination of degree of acidity of gases for materials by measuring pH and conductivity*
 - [5] EN 50267-2-3:1998, *Common test methods for cables under fire conditions – Tests on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 2-3: Procedures – Determination of degree of acidity of gases for cables by determination of the weighted average of pH and conductivity*
 - [6] CAN/CSA-C22.2 No. 0.3, *Test Methods for Electrical Wires and Cables*
 - [7] DIN VDE 0472, Part 813:1992, *Testing of cables, wires and flexible cords; corrosivity of combustion gases*
 - [8] NF C 20-453:1985, *Basic environmental testing procedures. Test methods. Conventional determination of corrosiveness of smoke*
 - [9] ASTM D 2671 – 00, *Standard Test Methods for Heat-Shrinkable Tubing for Electrical Use*
 - [10] ISO 11907-2:1995, *Plastics – Smoke generation – Determination of the corrosivity of fire effluents – Part 2: Static method*
 - [11] ISO 11907-3:1998, *Plastics – Smoke generation – Determination of the corrosivity of fire effluents – Part 3: Dynamic decomposition method using a travelling furnace*
 - [12] DIN 53436-1:1981, *Producing thermal decomposition products from materials in an air stream and their toxicological testing; decomposition apparatus and determination of test-temperature*
 - [13] ISO 11907-4:1998, *Plastics – Smoke generation – Determination of the corrosivity of fire effluents – Part 4: Dynamic decomposition method using a conical radiant heater*
 - [14] ASTM D 5485:1999, *Standard Test Method for Determining the Corrosive Effect of Combustion Products Using the Cone Corrosimeter*
 - [15] “*Comparison of communications LAN cable smoke corrosivity by US and IEC test methods*”, J.T.Chapin, P.Gandhi and L.M.Caudill, Fire Risk and Hazard Research Symposium, San Francisco, CA, June 25-27, 1997
 - [16] IEC 60695-1-1:1999, *Fire hazard testing – Part 1-1: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – General guidelines*
-

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembé

1211 GENEVA 20

Switzerland



Q1 Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent
- librarian
- researcher
- design engineer
- safety engineer
- testing engineer
- marketing specialist
- other.....

Q3 I work for/in/as a: (tick all that apply)

- manufacturing
- consultant
- government
- test/certification facility
- public utility
- education
- military
- other.....

Q4 This standard will be used for: (tick all that apply)

- general reference
- product research
- product design/development
- specifications
- tenders
- quality assessment
- certification
- technical documentation
- thesis
- manufacturing
- other.....

Q5 This standard meets my needs: (tick one)

- not at all
- nearly
- fairly well
- exactly

Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date
- standard is incomplete
- standard is too academic
- standard is too superficial
- title is misleading
- I made the wrong choice
- other

Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,
- (2) below average,
- (3) average,
- (4) above average,
- (5) exceptional,
- (6) not applicable

- timeliness.....
- quality of writing.....
- technical contents.....
- logic of arrangement of contents
- tables, charts, graphs, figures.....
- other

Q8 I read/use the: (tick one)

- French text only
- English text only
- both English and French texts

Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)
Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
1211 GENÈVE 20
Suisse



Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact:
(ex. 60601-1-1)
.....

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?
(cochez tout ce qui convient)
Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat
- bibliothécaire
- chercheur
- ingénieur concepteur
- ingénieur sécurité
- ingénieur d'essais
- spécialiste en marketing
- autre(s).....

Q3 Je travaille:
(cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie
- comme consultant
- pour un gouvernement
- pour un organisme d'essais/
certification
- dans un service public
- dans l'enseignement
- comme militaire
- autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme
(cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence
- une recherche de produit
- une étude/développement de produit
- des spécifications
- des soumissions
- une évaluation de la qualité
- une certification
- une documentation technique
- une thèse
- la fabrication
- autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins:
(une seule réponse)

- pas du tout
- à peu près
- assez bien
- parfaitement

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:
(cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée
- la norme est incomplète
- la norme est trop théorique
- la norme est trop superficielle
- le titre est équivoque
- je n'ai pas fait le bon choix
- autre(s)

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres
(1) inacceptable,
(2) au-dessous de la moyenne,
(3) moyen,
(4) au-dessus de la moyenne,
(5) exceptionnel,
(6) sans objet

- publication en temps opportun
- qualité de la rédaction.....
- contenu technique
- disposition logique du contenu
- tableaux, diagrammes, graphiques,
figures
- autre(s)

Q8 Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français
- uniquement le texte anglais
- les textes anglais et français

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....
.....
.....
.....
.....
.....



LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ISBN 2-8318-6620-0



9 782831 866208

ICS 13.220.99; 29.020
