

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60695-5-1

Deuxième édition
Second edition
2002-11

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION

Essais relatifs aux risques du feu –

Partie 5-1:

**Effets des dommages de corrosion
des effluents du feu – Guide général**

Fire hazard testing –

Part 5-1:

**Corrosion damage effects of fire effluent –
General guidance**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60695-5-1:2002

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60695-5-1

Deuxième édition
Second edition
2002-11

**PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION**

Essais relatifs aux risques du feu –

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

Fire hazard testing –

**Part 5-1:
Corrosion damage effects of fire effluent –
General guidance**

© 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 photo-copie 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**

Q

*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 Définitions.....	12
4 Scénarios et modèles de feu	14
5 Aspects généraux de la corrosivité des effluents du feu	16
5.1 Scénarios de dommages de corrosion.....	16
5.2 Types d'effets des dommages de corrosion.....	18
5.2.1 Perte de métal	18
5.2.2 Parties mobiles devenant immobiles.....	18
5.2.3 Pontage des circuits des conducteurs.....	18
5.2.4 Formation d'une couche non conductrice sur les surfaces de contact.....	18
5.3 Facteurs affectant la corrosivité	20
5.3.1 Nature des effluents du feu	20
5.3.2 Environnement de corrosion	22
6 Principes de mesure des dommages de corrosion.....	22
6.1 Introduction.....	22
6.2 Production des effluents du feu	24
6.2.1 Sélection de l'éprouvette qui subit la combustion	24
6.2.2 Sélection du modèle de feu.....	24
6.3 Evaluation du potentiel corrosif	24
6.3.1 Généralités	24
6.3.2 Evaluation indirecte.....	24
6.3.3 Essais simulés de produits	26
6.3.4 Essais de produits.....	26
6.4 Prise en compte des méthodes d'essai de la corrosivité	28
7 Pertinence des données concernant l'évaluation des risques	32
Bibliographie	34
Figure 1 – Différentes étapes de développement d'un feu à l'intérieur d'un compartiment.....	16
Figure 2 – Evaluation et prise en compte des méthodes d'essai des dommages de corrosion.....	30
Tableau 1 – Classification générale des feux (ISO/TR 9122-1).....	16
Tableau 2 – Résumé des méthodes d'essai de la corrosivité.....	26

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
1 Scope	11
2 Normative references.....	11
3 Definitions	13
4 Fire scenarios and fire models	15
5 General aspects of the corrosivity of fire effluent	17
5.1 Corrosion damage scenarios	17
5.2 Types of corrosion damage effects	19
5.2.1 Metal loss	19
5.2.2 Moving parts becoming immobile	19
5.2.3 Bridging of conductor circuits	19
5.2.4 Formation of a non-conducting layer on contact surfaces	19
5.3 Factors affecting corrosivity	21
5.3.1 The nature of fire effluent.....	21
5.3.2 The corrosion environment.....	23
6 Principles of corrosion damage measurement.....	23
6.1 Introduction	23
6.2 Generation of the fire effluent	25
6.2.1 Selection of the test specimen which is to be burned	25
6.2.2 Selection of the fire model	25
6.3 The assessment of corrosive potential	25
6.3.1 General.....	25
6.3.2 Indirect assessment.....	25
6.3.3 Simulated product testing	27
6.3.4 Product testing.....	27
6.4 Consideration of corrosivity test methods.....	29
7 Relevance of data to hazard assessment.....	33
Bibliography.....	35
Figure 1 – Different stages in the development of a fire within a compartment.....	17
Figure 2 – Evaluation and consideration of corrosion damage test methods	31
Table 1 – General classification of fires (ISO/TR 9122-1)	17
Table 2 – Summary of corrosivity test methods	27

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

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

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique 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 norme internationale 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 Norme internationale CEI 60695-5-1 a été établie par le comité d'études 89 de la CEI: Essais relatifs aux risques du feu.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, publiée en 1993, et constitue une révision technique.

La structure de la présente Norme internationale demeure pratiquement inchangée, à l'exception des éléments importants suivants qui ont été ajoutés:

- Information relative aux scénarios et aux modèles de feu ainsi qu'une mise à jour des dernières avancées réalisées dans l'analyse des effluents du feu.
- Classification générale des feux selon l'ISO TR 9122-1.
- Nouvel article relatif aux aspects généraux de la corrosivité des effluents du feu, décrivant les types d'effets des dommages de la corrosion et les facteurs affectant la corrosivité.
- Nouvel article relatif aux principes de mesure des dommages de la corrosion, décrivant l'évolution du potentiel corrosif et la prise en compte des méthodes d'essai de la corrosivité.
- Nouveau tableau résumant les méthodes d'essai de la corrosivité.
- Nouvel organigramme présentant en détail l'évaluation et la prise en compte des méthodes d'essai des dommages de la corrosion.
- Elargissement de la bibliographie.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIRE HAZARD TESTING –**Part 5-1: Corrosion damage effects of fire effluent –
General guidance**

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 International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60695-5-1 has been prepared by IEC technical committee 89: Fire hazard testing.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 1993, and constitutes a technical revision.

The structure of this International standard remains essentially the same with some major new changes added:

- Information on fire scenarios and fire models has been added along with an update on the latest advances in the analysis of the fire effluent.
- The general classification of fires from ISO TR 9122-1 has been added.
- A new clause on the general aspects of the corrosivity of fire effluent which describes the types of corrosion damage effects and the factors affecting corrosivity.
- A new clause on the principles of corrosion damage measurement has been added describing the assessment of the corrosive potential and the consideration of the corrosivity test methods.
- A new table describing a summary of corrosion test methods.
- A new flowchart detailing the evaluation and consideration of corrosion damage test methods.
- The bibliography has been expanded.

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

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
89/556/FDIS	89/566/RVD

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

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

La présente norme doit être lue conjointement avec la CEI 60695-5-2 et la CEI 60695-5-3.

Cette norme forme la partie 5-1 de la CEI 60695, publiée sous le titre général *Essais relatifs aux risques du feu*. La partie 5 est 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-5-1:2002

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

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

FDIS	Report on voting
89/556/FDIS	89/566/RVD

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

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

This standard should be read in conjunction with IEC 60695-5-2 and IEC 60695-5-3.

This standard forms part 5-1 of IEC 60695, which is published under the general heading *Fire hazard testing*. Part 5 consists 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 essai(s) 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 60695-5-1 définit le domaine d'application du guide et en indique les limites.

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

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 damage 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 60695-5, all of the above have been considered.

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

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

IEC 60695-5-3 provides 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 5-1: Effets des dommages de corrosion des effluents du feu – Guide général

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60695 fournit un guide concernant:

- a) les aspects généraux des méthodes d'essai des dommages provoqués par la corrosion;
- b) les méthodes de mesure des dommages provoqués par la corrosion;
- c) la prise en compte des méthodes d'essai;
- d) la pertinence des données concernant les dommages de corrosion pour l'évaluation des risques.

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 60695-1-1:1999, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 1-1: Guide pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques – Directives générales*

CEI/TS 60695-5-2:2002, *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*

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

CEI 60754-1:1994, *Essai sur les gaz émis lors de la combustion de matériaux prélevés sur câbles – Partie 1: Détermination de la quantité de gaz acide halogéné*

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*

CEI 60754-2, Amendement 1 (1997)

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

ISO 11907-2:1995, *Plastiques – Production de fumées – Détermination de la corrosivité des effluents du feu – Partie 2: Méthode statique*

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*

¹ A publier.

FIRE HAZARD TESTING –

Part 5-1: Corrosion damage effects of fire effluent – General guidance

1 Scope

This part of IEC 60695 provides guidance on the following:

- a) general aspects of corrosion damage test methods;
- b) methods of measurement of corrosion damage;
- c) consideration of test methods;
- d) relevance of corrosion damage data to hazard assessment.

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 60695-1-1:1999, *Fire hazard testing – Part 1-1: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – General guidelines*

IEC/TS 60695-5-2:2002, *Fire hazard testing – Part 5-2: Corrosion damage effects of fire effluent – Summary and relevance of test methods*

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

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*

IEC 60754-2, Amendment 1 (1997)

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

ISO 11907-2:1995, *Plastics – Smoke generation – Determination of the corrosivity of fire effluents – Part 2: Static method*

ISO 11907-3:1998, *Plastics – Smoke generation – Determination of the corrosivity of fire effluents – Part 3: Dynamic decomposition method using a travelling furnace*

¹ To be published.

ISO 11907-4:1998, *Plastiques – Production de fumées – Détermination de la corrosivité des effluents du feu – Partie 4: Méthode dynamique de décomposition utilisant un corrosimètre conique*

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

ASTM D 2671 – 00, *Standard Test Methods for Heat-Shrinkable Tubing for Electrical Use*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60695, les définitions suivantes dont quelques-unes sont extraites de l'ISO/CEI 13943, 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

effluents du feu

ensemble des gaz et/ou 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

3.6

transport des effluents du feu

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

3.7

scénario feu

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

[ISO/CEI 13943, définition 58]

ISO 11907-4:1998, *Plastics – Smoke generation – Determination of the corrosivity of fire effluents – Part 4: Dynamic decomposition method using a conical radiant heater*

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

ASTM D 2671 – 00, *Standard Test Methods for Heat-Shrinkable Tubing for Electrical Use*

3 Terms and definitions

For the purposes of this part of IEC 60695, the following definitions, some of which have been taken from ISO/IEC 13943, 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 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

3.6

fire effluent transport

movement of fire effluent away from the location of the fire

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

source d'allumage

source d'énergie qui provoque une combustion

[ISO/CEI 13943, définition 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 Scénarios et modèles de feu

Au cours des dernières années, des avancées majeures ont été réalisées dans l'analyse des effluents du feu. Il est reconnu que la composition du mélange des produits de combustion dépend en particulier de la nature des matériaux qui se consomment, des températures et des conditions de ventilation présentes, en particulier l'arrivée d'oxygène au siège du feu. Le Tableau 1 montre comment les différentes étapes d'un feu sont liées aux changements de l'atmosphère. Les conditions d'utilisation dans les essais de laboratoire peuvent être tirées du tableau de manière à correspondre, dans la mesure du possible, à des feux à pleine échelle.

Le feu met en jeu une matrice complexe avec des interdépendances de phénomènes physiques et chimiques. Il en résulte qu'il est difficile de simuler tous les aspects d'un feu réel avec un appareillage de laboratoire. Ce problème de validité des modèles de feu est peut-être le problème technique individuel le plus compliqué associé à tous les essais de feu.

Un guide général pour l'évaluation des risques du feu des produits électrotechniques est donné par la CEI 60695-1-1.

Après allumage, le développement du feu peut intervenir de différentes façons en fonction des conditions d'environnement, ainsi que de la disposition physique des matériaux combustibles. Cependant, on peut établir un modèle général pour le développement du feu à l'intérieur d'un compartiment, dans lequel la courbe générale température-temps montre trois étapes, plus une étape de déclin (voir Figure 1).

L'étape 1 (décomposition sans flamme) est l'étape initiale du feu avant qu'il n'y ait des flammes soutenues, avec une légère augmentation de la température de la pièce où se produit le feu. L'allumage et la production de fumées constituent les deux risques principaux au cours de cette étape.

L'étape 2 (feu en développement) commence à l'allumage et se termine par une augmentation rapide de la température de la pièce où se produit le feu. Au cours de cette étape, la progression des flammes et le dégagement de chaleur constituent les risques principaux en plus des fumées.

L'étape 3 (feu complètement développé) commence lorsque la surface de tous les éléments combustibles de la pièce se sont décomposés dans des proportions telles qu'un allumage soudain se produit dans toute la pièce, avec une augmentation rapide et importante de température (embrasement éclair).

A la fin de l'Etape 3, les produits combustibles et/ou l'oxygène ont été largement consommés et la température diminue selon une vitesse qui dépend de la ventilation et des caractéristiques de transfert de chaleur et de masse du système. Cela est connu comme étant l'étape de déclin.

3.8**ignition source**

source of energy that initiates combustion

[ISO/IEC 13943, definition 97]

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 Fire scenarios and fire models

During recent years, major advances have been made in the analysis of fire effluents. It is recognized that the composition of the mixture of combustion products is particularly dependent upon the nature of the combusting materials, the prevailing temperatures and the ventilation conditions, especially access of oxygen to the seat of the fire. Table 1 shows how the different stages of a fire relate to the changing atmosphere. Conditions for use in laboratory scale tests can be derived from the table in order to correspond, as far as possible, to full scale fires.

Fire involves a complex and interrelated array of physical and chemical phenomena. As a result, it is difficult to simulate all aspects of a real fire in laboratory scale apparatus. This problem of fire model validity is perhaps the single most perplexing technical problem associated with all fire testing.

General guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products is given in IEC 60695-1-1.

After ignition, fire development may occur in different ways depending on the environmental conditions, as well as on the physical arrangement of the combustible materials. However, a general pattern can be established for fire development within a compartment, where the general temperature-time curve shows three stages, plus a decay stage (see Figure 1).

Stage 1 (non-flaming decomposition) is the incipient stage of the fire prior to sustained flaming, with little rise in the fire room temperature. Ignition and smoke generation are the main hazards during this stage.

Stage 2 (developing fire) starts with ignition and ends with a rapid rise in fire room temperature. Spread of flame and heat release are the main hazards in addition to smoke during this stage.

Stage 3 (fully developed fire) starts when the surface of all of the combustible contents of the room has decomposed to such an extent that sudden ignition occurs all over the room, with a rapid and large increase in temperature (flashover).

At the end of Stage 3, the combustibles and/or oxygen have been largely consumed and hence the temperature decreases at a rate which depends on the ventilation and the heat and mass transfer characteristics of the system. This is known as the decay stage.

Dans chacune de ces étapes, un mélange différent de produits de décomposition peut se former et cela influence le potentiel corrosif des effluents du feu produits pendant cette étape.

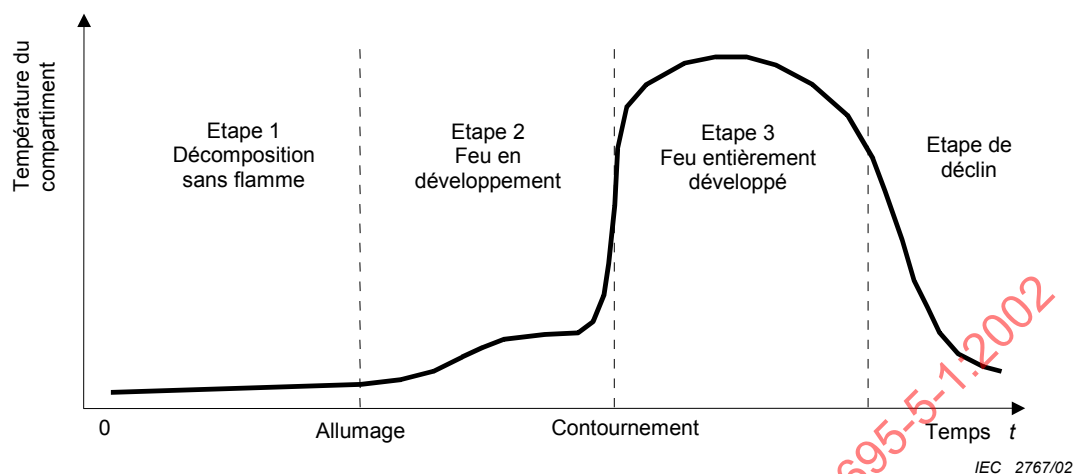


Figure 1 – Différentes étapes de développement d'un feu à l'intérieur d'un compartiment

Tableau 1 – Classification générale des feux (ISO/TR 9122-1)

Stades de feu		Oxygène *	Rapport CO_2/CO **	Température *	Irradiation ***
		%		°C	$\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$
Stade 1	Décomposition sans flammes				
	a) Feux couvants (auto-entretenus)	21	Non applicable	<100	Non applicable
	b) Sans flammes (par oxydation)	5 à 21	Non applicable	<500	<25
	c) Sans flammes (par pyrolyse)	<5	Non applicable	<1 000	Non applicable
Stade 2	Feu en développement (avec flammes)	10 à 15	100 à 200	400 à 600	20 à 40
Stade 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
* Situation d'environnement général (moyenne) à l'intérieur du local. ** Valeur moyenne dans la «plume» du feu. *** Irradiation incidente sur l'éprouvette (moyenne).					

5 Aspects généraux de la corrosivité des effluents du feu

5.1 Scénarios de dommages de corrosion

En ce qui concerne les équipements et les systèmes électrotechniques, il existe trois scénarios de dommages provoqués par la corrosion qui sont préoccupants. Ils existent là où les dommages provoqués par la corrosion sont causés par des effluents du feu dans les situations suivantes:

- à l'intérieur des équipements et des systèmes électrotechniques lorsqu'ils sont exposés à des effluents du feu causés par des sources de chaleur internes, inhabituelles, localisées de chaleur excessive et d'allumage;

In each of these stages, a different mixture of decomposition products may be formed and this, in turn, influences the corrosive potential of the fire effluent produced during that stage.

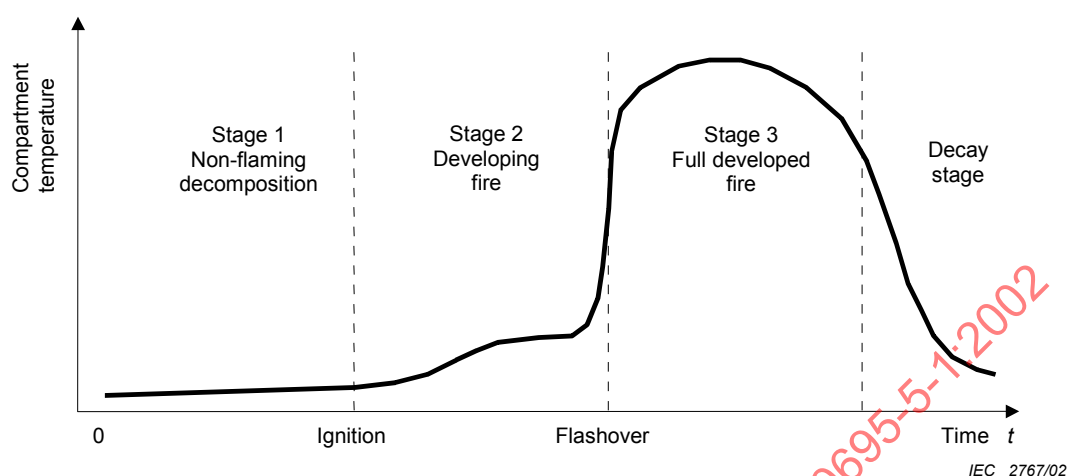


Figure 1 – Different stages in the development of a fire within a compartment

Table 1 – General classification of fires (ISO/TR 9122-1)

Stages of fire		Oxygen *	CO ₂ /CO ratio **	Temperature *	Irradiance ***
		%		°C	kW·m ⁻²
Stage 1	Non-flaming decomposition				
	a) Smouldering (self-sustaining)	21	Not applicable	<100	Not applicable
	b) Non-flaming (oxidative)	5 to 21	Not applicable	<500	<25
	c) Non-flaming (pyrolytic)	<5	Not applicable	<1 000	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 onto test specimen (average).					

5 General aspects of the corrosivity of fire effluent

5.1 Corrosion damage scenarios

With respect to electrotechnical equipment and systems, there are three corrosion damage scenarios which are of concern. These are where corrosion damage is caused by fire effluent in the following situations:

- within electrotechnical equipment and systems when exposed to fire effluent caused by unusual, localized, internal sources of excessive heat and ignition;

- b) à l'intérieur des équipements et des systèmes électrotechniques lorsqu'ils sont exposés à des effluents du feu causés par des sources externes de flammes ou de chaleur excessive;
- c) à l'intérieur des structures de bâtiments exposées à des effluents du feu émis par les équipements et les systèmes électrotechniques.

5.2 Types d'effets des dommages de corrosion

On reconnaît quatre types d'effets de dommages de corrosion. Il s'agit

- a) de la perte de métal,
- b) des parties mobiles qui deviennent immobiles,
- c) du pontage des circuits des conducteurs,
- d) de la formation d'une couche non conductrice sur les surfaces de contact.

5.2.1 Perte de métal

La perte de métal est causée par l'oxydation du métal élémentaire à un état d'oxydation positif. Une des réactions les plus simples de ce type est celle qui intervient avec un acide pour former un sel métallique et de l'eau et c'est la raison pour laquelle les premiers efforts pour combattre la corrosion potentielle étaient dirigés sur la réduction de la production de gaz acides dans les effluents du feu.

Cependant, il n'est pas nécessaire qu'un acide soit présent pour qu'intervienne l'oxydation. Si un métal est en contact avec une solution électriquement conductrice, les ions libres de la solution peuvent faciliter la corrosion des métaux en contact soit en réagissant directement avec le métal soit en dépolarisant la zone autour du métal qui réagit. La vitesse de corrosion dépendra de la zone de métal affectée, de la température et de l'amplitude de la différence entre les potentiels d'électrode des couples oxydants et réducteurs. Les métaux situés plus hauts dans la série électrochimique sont plus sujets à la corrosion.

La perte de métal peut causer de nombreux effets non désirés. Dans les bâtiments, elle peut donner lieu à un affaiblissement ou à une défaillance des éléments de structure. Dans un équipement électrique, elle peut causer une chute de la conductivité électrique ou en dernier lieu la coupure d'un circuit.

5.2.2 Parties mobiles devenant immobiles

Les effluents du feu peuvent rendre des parties mobiles d'équipements mécaniques ou électromécaniques immobiles, par exemple un roulement à billes ou des éléments d'un disjoncteur. Cela peut être dû au dépôt de matières de particules collantes ou à la formation de produits de corrosion chimique entre surfaces.

5.2.3 Pontage des circuits des conducteurs

Les effluents du feu peuvent contenir des particules conductrices, par exemple carbone en graphite ou produits ioniques. La corrosion de métal produit également des produits ioniques. Ces produits conducteurs peuvent ponter les faibles espaces entre les pistes en cuivre sur les cartes de circuit causant des courants de fuite non désirés. Cela est particulièrement préoccupant avec les équipements de télécommunications numériques.

5.2.4 Formation d'une couche non conductrice sur les surfaces de contact

Il s'agit d'un cas particulier de perte de métal. La corrosion à l'interface d'un contact de métal peut donner lieu à la formation d'une couche de matériau non conducteur provoquant la perte du circuit. Cela est en particulier susceptible d'arriver si le contact intervient entre des métaux dissemblables car ils formeront une cellule électrochimique lorsqu'ils seront en contact avec un milieu conducteur.

- b) within electrotechnical equipment and systems when exposed to fire effluent caused by external sources of flame or excessive heat;
- c) within building structures when exposed to fire effluent emitted from electrotechnical equipment and systems.

5.2 Types of corrosion damage effects

Four types of corrosion damage effect are recognized. These are

- a) metal loss,
- b) moving parts becoming immobile,
- c) bridging of conductor circuits,
- d) formation of a non-conducting layer on contact surfaces.

5.2.1 Metal loss

Metal loss is caused by oxidation of elemental metal to a positive oxidation state. One of the simplest reactions of this type is with an acid to form a metal salt and water, and this is why early efforts to combat potential corrosion were directed at reducing the acid gas production in fire effluent.

However, it is not necessary for an acid to be present for oxidation to occur. If a metal is in contact with an electrically conductive solution, the free ions of the solution can facilitate corrosion of contacting metals by either reacting directly with the metal or by depolarizing the area around the reacting metal. The rate of corrosion will depend on the area of metal affected, the temperature, and on the magnitude of the difference between the electrode potentials of the oxidizing and reducing couples. Metals higher in the electrochemical series are more prone to corrosion.

Metal loss can cause many undesired effects. In buildings it can result in a weakening or failure of structural elements. In electrical equipment it can cause a decrease in electrical conductivity or ultimately the breaking of a circuit.

5.2.2 Moving parts becoming immobile

Fire effluent can cause moving parts in mechanical or electromechanical equipment to become immobile, e.g. a ball bearing or parts in a circuit breaker. This may be because of the deposition of sticky particulate matter or because of the formation of chemical corrosion products between surfaces.

5.2.3 Bridging of conductor circuits

Fire effluent may contain conductive particulates, e.g. graphitic carbon or ionic species. Metal corrosion also produces ionic species. These conductive species can bridge the small gaps between the copper tracks on circuit boards causing undesired leakage currents. This is of particular concern with digital telecommunications equipment.

5.2.4 Formation of a non-conducting layer on contact surfaces

This is a particular case of metal loss. Corrosion at the interface of a metal contact can result in the formation of a layer of non-conducting material resulting in the loss of the circuit. This is particularly likely if the contact is between dissimilar metals because they will form an electrochemical cell when in contact with a conductive medium.

5.3 Facteurs affectant la corrosivité

Les effets importants des dommages de corrosion provoqués par les effluents du feu sont évalués en termes de vitesse de dégradation de fonction du circuit ou du matériau affecté. Cette dégradation dépend d'un certain nombre de facteurs. Certains sont liés à la nature des effluents du feu, par exemple

- de la nature chimique et physique et de la concentration des effluents du feu;
- des interactions au sein des d'effluents du feu, vieillissement des particules de fumée, phénomènes d'agglomération et de tassement, condensation des produits liquides, phénomènes de précipitation et absorption par des particules de fumée d'effluents chimiquement réactifs.

Cela dépendra de la nature du matériau brûlé et du modèle de feu utilisé.

Certains facteurs sont liés à l'environnement de corrosion, par exemple

- la nature physique et chimique des circuits ou des matériaux affectés;
- les conditions prédominantes de température et d'humidité relative;
- le temps d'exposition;
- la présence ou non d'un circuit électrique ainsi que de sa mise sous tension;
- le nettoyage après exposition.

5.3.1 Nature des effluents du feu

Beaucoup de facteurs affectent la production d'effluents du feu et leurs propriétés. Une description complète de telles propriétés n'est pas possible, mais l'influence de plusieurs variables importantes est reconnue.

Les effluents du feu sont une conséquence à la fois de la pyrolyse et de la combustion. La combustion peut être accompagnée ou non de flammes, y compris couvantes et ces différents modes de combustion peuvent être à l'origine de types très différents d'effluents. Dans la combustion par pyrolyse et sans flammes, des matières volatiles se dégagent à des températures élevées. Lorsqu'elles se mélangent avec de l'air frais, elles se condensent pour former des gouttelettes sphériques qui apparaissent comme des aérosols de fumées colorées par la lumière. La combustion accompagnée de flammes produit une fumée noire riche en carbone dans laquelle les particules ont une forme très irrégulière. Les particules de fumée dues à une combustion accompagnée de flammes se forment pendant la phase gazeuse et dans les régions où les concentrations en oxygène sont suffisamment basses pour causer une combustion incomplète. Les produits les plus abondants dans la plupart des effluents du feu sont le dioxyde de carbone, l'eau, le monoxyde de carbone et la fumée riche en carbone.

Cependant, beaucoup d'autres produits chimiques peuvent être présents y compris des acides inorganiques, des acides organiques et les produits ioniques. Ce sont principalement ces trois derniers types de matériaux qui donnent aux effluents du feu leur nature corrosive. Les quantités de ces matériaux présents dans les effluents du feu dépendront de la nature des matériaux brûlés et de l'étape du feu.

Le flux de chaleur sur l'éprouvette influence la manière dont brûle le matériau. C'est une bonne pratique d'évaluer les effluents produits par les matériaux à des niveaux faibles d'irradiation incidente (par exemple 15 kWm^{-2} à 25 kWm^{-2}) ainsi qu'à des niveaux supérieurs (par exemple 40 kWm^{-2} à 50 kWm^{-2}). De cette manière, on peut évaluer les effets des étapes de croissance d'un feu sur la nature corrosive des effluents.

5.3 Factors affecting corrosivity

The significant corrosion damage effects of fire effluent are assessed in terms of the rate of functional impairment of the circuit or material affected. This impairment is dependent on a number of factors. Some are related to the nature of the fire effluent, e.g.

- the chemical and physical nature and concentration of the fire effluent;
- interactions within the fire effluent such as smoke particulate ageing, agglomeration and settling, condensation of liquid species, precipitation phenomena, and the absorption by smoke particles of chemically reactive effluents.

These will in turn depend on the nature of the material being burned and on the fire model being used.

Some factors are related to the corrosion environment, e.g.

- the physical and chemical nature of the affected circuits or materials;
- the prevailing conditions of temperature and relative humidity;
- the time of exposure;
- whether or not an electrical circuit is present and energized;
- post-exposure cleaning.

5.3.1 The nature of fire effluent

Many factors affect the production of fire effluent and its properties. A full description of such properties is not possible, but the influence of several important variables is recognized.

Fire effluent is a consequence of both pyrolysis and combustion. Combustion may be flaming or non-flaming, including smouldering, and these different modes of combustion may produce quite different types of effluent. In pyrolysis and non-flaming combustion, volatiles are evolved at elevated temperatures. When they mix with cool air, they condense to form spherical droplets which appear as a light-coloured smoke aerosol. Flaming combustion produces a black carbon-rich smoke in which the particles have a very irregular shape. The smoke particles from flaming combustion are formed in the gas phase and in regions where the oxygen concentrations are low enough to cause incomplete combustion. The most abundant species in most fire effluents are carbon dioxide, water, carbon monoxide and carbon-rich smoke.

However, many other chemicals may be present, including inorganic acids, organic acids and ionic species. It is predominantly these last three types of material which cause fire effluent to have a corrosive nature. The amounts of these materials which are present in fire effluent will depend on the nature of the material being burnt and on the stage of the fire.

The heat flux on the test specimen influences how the material burns. It is good practice to evaluate the effluent generated from materials at low levels of incident irradiance (e.g. 15 kWm^{-2} to 25 kWm^{-2}) as well as at higher levels (e.g. 40 kWm^{-2} to 50 kWm^{-2}). In this way, the effects of the growth stages of a fire on the corrosive nature of the effluent can be assessed.

La distribution de la taille des particules des aérosols des fumées varie avec le temps; les particules de fumées se coagulent en vieillissant. Certaines propriétés varient également avec la température de telle manière que les propriétés des fumées vieilles ou froides peuvent être différentes de celles des fumées récentes chaudes. Ces facteurs peuvent affecter la manière dont les particules de fumées peuvent causer des courts-circuits entre les composants électriques.

5.3.2 Environnement de corrosion

Le risque de dommages provoqués par la corrosion peut être réduit en protégeant les surfaces sensibles, généralement en utilisant de la peinture ou des laques. Cependant, dans de nombreux cas touchant les équipements électrotechniques, ce n'est pas une solution pratique.

La nature chimique du matériau exposé affectera sa sensibilité aux dommages causés par la corrosion. Les métaux classés plus haut dans la série électrochimique sont plus réactifs. Ceux qui sont plus bas dans la classification comme l'or et le platine sont effectivement inertes. Si des métaux dissemblables sont en contact, l'un d'entre eux sera particulièrement sujet à la corrosion parce qu'ils forment une cellule électrochimique lorsqu'il y a contact avec un milieu conducteur.

Dans beaucoup de scénarios de feu, les matériaux touchés seront à température élevée et la température exerce un effet important sur la vitesse de corrosion. En moyenne, la vitesse de la réaction chimique double avec une augmentation de 10 °C de la température. L'utilisation de matériaux à faible vitesse de dégagement de chaleur aidera à réduire les températures des feux et ainsi les dommages corrosifs.

L'humidité relative affecte également les réactions de corrosion. Beaucoup de réactions n'interviendront pas en l'absence d'eau. Malheureusement, pratiquement tous les feux produisent de la vapeur d'eau comme composant majeur d'effluent du feu si bien que l'humidité relative dans l'environnement de corrosion est susceptible d'être élevée. De même si des systèmes automatiques de pulvérisation d'eau ou des extincteurs ont été utilisés, il risque d'y avoir de grandes quantités d'eau liquide.

Deux temps d'exposition sont concernés. Il y a le temps d'exposition aux effluents du feu lorsque le feu se produit et le temps d'exposition ultérieur aux conditions qui prévalent après l'arrêt du feu. Ces deux temps d'exposition affecteront le degré des dommages de corrosion. Certaines réactions sont auto-catalytiques et sont donc lentes au départ mais progressent rapidement après un certain temps. Certains métaux possèdent également une couche passive en surface et de même la réaction initiale sera lente mais après disparition de la couche passive la réaction pourra être rapide.

Un problème spécifique aux équipements électrotechniques est que les circuits exposés peuvent être sous tension. Cela peut causer des réactions électrochimiques qui n'interviendraient pas dans d'autres conditions et dans certains cas cela peut conduire à des phénomènes destructifs de pontage ou d'arc.

6 Principes de mesure des dommages de corrosion

6.1 Introduction

La mesure des dommages de corrosion correspond essentiellement à deux étapes:

- a) production des effluents du feu;
- b) évaluation de la nature corrosive des effluents du feu.

Cependant, chacune de ces étapes est complexe et elles impliquent toutes les deux la sélection de paramètres d'essai dans une gamme étendue de choix possibles.

The particle size distribution of smoke aerosols changes with time; smoke particles coagulate as they age. Some properties also change with temperature so that the properties of aged, or cold, smoke may be different from young, hot smoke. These factors may affect the way in which smoke particles can cause short-circuits between electrical components.

5.3.2 The corrosion environment

The potential for corrosion damage can be reduced by protecting susceptible surfaces, generally by using paint or lacquers. However, in many cases involving electrotechnical equipment, this is not a practical solution.

The chemical nature of the exposed material will affect its susceptibility to corrosion damage. Metals higher in the electrochemical series are more reactive. Those low in the series such as gold and platinum are effectively inert. If dissimilar metals are in contact, one of them will be particularly prone to corrosion because they make an electrochemical cell when in contact with a conducting medium.

In many fire scenarios the affected materials will be at a high temperature, and temperature has a major effect on the rate of corrosion. On average, the rate of a chemical reaction doubles with a 10 °C rise in temperature. The use of low heat release rate materials will help to reduce fire temperatures and thus will reduce corrosive damage.

Relative humidity also affects corrosion reactions. Many reactions will not proceed in the absence of water. Unfortunately, almost all fires produce water vapour as a major component of the fire effluent so the relative humidity in the corrosion environment is likely to be high. Also, if automatic water spray systems or fire fighters have been used, large quantities of liquid water are likely to be present.

Two exposure times are involved. There is the time of exposure to the fire effluent when the fire is occurring, and there is the subsequent exposure time to the prevailing conditions after the fire has ceased. Both exposure times will affect the degree of corrosion damage. Some reactions are auto-catalytic and therefore are initially slow but after a certain time will progress rapidly. Also, some metals have a passive layer on their surface and again initial reaction will be slow but when the passive layer has been removed, subsequent reaction may be rapid.

A special problem with electrotechnical equipment is that exposed circuits may be energized. This can cause electrochemical reactions that would not otherwise occur, and in some cases can lead to destructive bridging or arcing phenomena.

6 Principles of corrosion damage measurement

6.1 Introduction

Corrosion damage measurement involves essentially two stages:

- a) generation of the fire effluent;
- b) assessment of the corrosive nature of the fire effluent.

However, each of these stages is complex and they both involve the selection of test parameters from a wide range of possible choices.

6.2 Production des effluents du feu

Dans un essai de dommage de corrosion, il existe essentiellement deux étapes dans la production d'effluents du feu:

- a) la sélection de l'éprouvette qui subit la combustion;
- b) la sélection d'un modèle de feu approprié pertinent pour le risque étudié.

6.2.1 Sélection de l'éprouvette qui subit la combustion

On peut soumettre différents types d'éprouvettes aux essais. Dans les essais de produits, l'éprouvette est un produit manufacturé. Dans les essais simulés de produits, l'éprouvette est une partie représentative d'un produit. L'éprouvette peut aussi être un matériau de base (solide ou liquide) ou un matériau composite.

La nature de l'éprouvette dépend en grande partie de l'échelle de l'essai. Les essais à petite échelle sont mieux adaptés aux essais des matériaux et des produits de petite taille ou d'échantillons représentatifs de produits plus gros. A plus grande échelle, des produits entiers peuvent être soumis aux essais. S'il y a le choix, il est toujours préférable de choisir une éprouvette qui reflète au plus près son utilisation finale.

6.2.2 Sélection du modèle de feu

Il est important de prendre en compte le ou les modèles de feu le ou les plus adaptés pour le risque à évaluer et de choisir les essais qui possèdent des modèles de feu semblables à ceux qui sont évalués (voir la CEI 60695-5-2).

6.3 Evaluation du potentiel corrosif

6.3.1 Généralités

Il est souhaitable que la procédure d'essai soit conçue de façon à ce que les résultats puissent être valables pour une analyse des risques de corrosion et également comme élément d'une analyse des risques globaux de feu. Les travaux portant sur la conception d'essais de réaction au feu garantissant que les résultats sont applicables à l'évaluation du risque n'en sont qu'à leurs débuts (voir la CEI 60695-1-1 pour les premières informations). Les informations contenues dans ce paragraphe seront donc remplacées au fur et à mesure du déroulement de ces travaux.

Il existe deux approches pour l'évaluation du potentiel corrosif des effluents du feu. L'une d'elles concerne l'exposition d'une cible spécifique à l'effluent et la réalisation de mesures de dégradation. Dans ce cas, la cible peut être un produit réel ou un produit simulé par exemple un circuit d'essai ou une fine feuille de métal. L'autre approche est indirecte et correspond à la mesure de certaines propriétés chimiques des effluents du feu à partir desquels le potentiel corrosif peut, dans des conditions définies, être estimé ou évalué. Un résumé des méthodes d'essai est donné au Tableau 2.

6.3.2 Evaluation indirecte

L'évaluation indirecte implique la dissolution d'une quantité connue d'effluents du feu dans un volume d'eau connu. La solution obtenue est ensuite soumise aux essais. Des mesures sont effectuées, par exemple, pH, conductivité ou concentration des acides. De telles évaluations ont l'avantage d'être relativement simples mais ont l'inconvénient de ne pas mesurer les dommages de corrosion. On doit faire une 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.

6.2 Generation of the fire effluent

In a corrosion damage test, there are essentially two stages involved in the generation of the fire effluent:

- a) selection of the test specimen to be burned;
- b) selection of an appropriate fire model relevant to the hazard being considered.

6.2.1 Selection of the test specimen to be burned

Different types of test specimens may be tested. In product testing, the test specimen is a manufactured product. In simulated product testing, the test specimen is a representative portion of a product. The test specimen may also be a basic material (solid or liquid) or a composite of materials.

The nature of the test specimen is governed to a large extent by the scale of the test. Small-scale tests are suited more to the testing of materials and small products or representative samples of larger products. On a larger scale, whole products may be tested. Given a choice, it is always preferable to select a test specimen that most closely reflects its end use.

6.2.2 Selection of the fire model

It is important to consider the fire model or models most relevant to the hazard being assessed, and to select tests which have fire models similar to those being assessed (see IEC 60695-5-2).

6.3 Assessment of corrosive potential

6.3.1 General

It is desirable that the test procedure be designed in such a manner that the results are valid for the application of an analysis of corrosion hazard, and also as part of an analysis of total fire hazard. Work on the design of reaction-to-fire tests to ensure that results are valid for assessment of hazard is in its early stages (see IEC 60695-1-1 for early guidance). The guidance in this subclause will therefore be superseded as work progresses.

There are two approaches to the assessment of the corrosive potential of fire effluent. One involves the exposure of a specific target to the effluent, and some measurement of impairment. In this case, the target may be an actual product or it may be a simulated product, e.g. a test circuit or a thin sheet of metal. The other approach is indirect and involves the measurement of certain chemical properties of the fire effluent from which the corrosive potential may, under defined conditions, be estimated or assessed. A summary of test methods is given in Table 2.

6.3.2 Indirect assessment

Indirect assessment involves the dissolution of a known quantity of fire effluent in a known volume of water. The resulting solution is then tested. Measurements are made, for example, of pH, conductivity or concentration of acids. Such assessments have the advantage of being relatively simple, but have the disadvantage that they do not measure corrosion damage. An assumption has to be 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.

6.3.3 Essais simulés de produits

Dans ce cas, la cible de corrosion est typiquement un circuit de référence, une fine feuille de métal ou un miroir en métal. En fonction de leur conception, les circuits de référence peuvent être utilisés pour mesurer une augmentation de la résistance due à la perte de métal ou à une augmentation du courant de fuite due au dépôt de matériaux conducteurs. Les feuilles et miroirs en métal sont utilisés pour mesurer la perte de métal. Les effets des effluents du feu sur le matériau de référence peuvent être évalués par des mesures portant sur les changements d'aspect, de poids, des caractéristiques mécaniques, physiques ou électriques. Ces méthodes présentent l'avantage de mesurer de manière directe un effet de dommage de corrosion. Cependant, comme pour l'évaluation indirecte, on doit faire une 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.

6.3.4 Essais de produits

Dans ce cas, la cible de corrosion est un produit manufacturé, par exemple: une carte de circuit imprimé, un tableau de distribution, une machine à laver, un ordinateur, un combiné téléphonique, etc. Les effets des effluents du feu sur le produit peuvent être évalués par la dégradation de fonction telle qu'elle est déterminée par contrôle ou mesure.

Tableau 2 – Résumé des méthodes d'essai de la corrosivité

Méthode d'essai	Type de méthode d'essai	Limitations sur les éprouvettes	Pertinence pour l'étape de feu					
			1(a)	1(b)	1(c)	2	3(a)	3(b)
Détermination des acides halogènes dans les gaz de combustion, par exemple CEI 60754-1	Indirecte	500 mg à 1 000 mg de matériau à soumettre aux essais, coupé en petites pièces	Non	Non	Oui	Non	Non	Non
Détermination de l'acidité et de la conductivité des gaz de combustion dissous dans une solution aqueuse, par exemple CEI 60754-2	Indirecte	500 mg à 1 000 mg de matériau à soumettre aux essais, coupé en petites pièces	Non	Non	Oui	Non	Non	Non
Essai au miroir en cuivre ASTM D 2671	Produit simulé (perte de métal)	Echantillons de 2,5 cm de long prélevés sur des tubes thermorétractables	Non	Oui	Non	Non	Non	Non
Méthode statique ISO 11907-2	Produit simulé (perte de métal)	600 mg du matériau à soumettre aux essais, sous forme de granules ou de petits morceaux	Non	Non	Non	Oui	Non	Non
Four mobile ISO 11907-3	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
Radiateur conique, par exemple ISO 11907-4	Produit simulé (perte de métal)	100 mm × 100 mm × 6 mm dans un échantillon représentatif du matériau ou produit fini	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui
CEI 60695-5-3	Produit simulé (courant de fuite et perte de métal)	1 g de matériau à soumettre aux essais	Oui	Non	Non	Oui	Oui	Non

6.3.3 Simulated product testing

In this case, the corrosion target is typically a reference circuit, a thin sheet of metal or a metal mirror. Depending on their design, reference circuits can be used to measure an increase in resistance due to metal loss, or an increase in leakage current due to the deposition of conductive materials. Metal sheets and metal mirrors are used to measure metal loss. The effects of fire effluent on the reference material can be assessed by measurements such as change in aspect, weight, mechanical, physical or electrical characteristics. These methods have the advantage of directly measuring the corrosion damage effect. However, as with indirect assessment, an assumption has to be 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.

6.3.4 Product testing

In this case the corrosion target is a manufactured product. Examples include a printed wiring board, a switchboard, a washing machine, a computer, a telephone handset, etc. The effects of fire effluent on the product can be assessed by degradation of function as determined by inspection or measurement.

Table 2 – Summary of corrosivity test methods

Test method	Type of test method	Limitations on test specimen	Relevance to stage of fire					
			1(a)	1(b)	1(c)	2	3(a)	3(b)
Determination of halogen acid in combustion gases, e.g. IEC 60754-1	Indirect	500 mg to 1 000 mg of the material to be tested, cut into small pieces	No	No	Yes	No	No	No
Determination of the acidity and conductivity of combustion gases dissolved in an aqueous solution, e.g. IEC 60754-2	Indirect	500 mg to 1 000 mg of the material to be tested, cut into small pieces	No	No	Yes	No	No	No
Copper mirror test ASTM D 2671	Simulated product (metal loss)	2,5 cm long samples cut from heat-shrinkable tubing	No	Yes	No	No	No	No
Static method ISO 11907-2	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
Travelling furnace ISO 11907-3	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
Cone corrosimeter, e.g. ISO 11907-4	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
IEC 60695-5-3	Simulated product (leakage current and metal loss)	1 g of the material to be tested	Yes	No	No	Yes	Yes	No

6.4 Prise en compte des méthodes d'essai de la corrosivité

Dans la sélection des méthodes d'essai, il convient de se poser les questions suivantes pour chaque méthode concernée:

- L'essai mesure-t-il un dommage de corrosion ou un paramètre connu pour être lié à la corrosion?
- L'essai réplique-t-il l'étape de feu étudiée?
- L'essai évalue-t-il le type ou les types de dommages corrosifs étudiés?

Si la réponse à l'une de ces questions est non, il sera nécessaire de modifier la méthode concernée ou d'étudier une autre méthode.

Un organigramme indiquant les étapes à suivre pour évaluer la bonne adaptation d'une méthode existante à une nouvelle application est représenté à la Figure 2.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60695-5-1:2002