

**SPÉCIFICATION  
TECHNIQUE  
TECHNICAL  
SPECIFICATION**

**CEI  
IEC**

**TS 60695-5-3**

Première édition  
First edition  
2003-04

---

---

**PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ  
BASIC SAFETY PUBLICATION**

---

---

**Essais relatifs aux risques du feu –  
Partie 5-3:  
Effets des dommages de corrosion  
des effluents du feu –  
Méthodes d'essai du courant de fuite  
et de la perte métallique**

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

IECNORM.COM: Click to view full PDF of IEC TS 60695-5-3:2003



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC/TS 60695-5-3:2003

## **Numérotation des publications**

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

## **Editions consolidées**

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

## **Informations supplémentaires sur les publications de la CEI**

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

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

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([http://www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut.htm](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 remplaçées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues ([http://www.iec.ch/online\\_news/justpub/ip\\_entry.htm](http://www.iec.ch/online_news/justpub/ip_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](mailto:custserv@iec.ch)

Tél: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

## **Publication numbering**

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

## **Consolidated editions**

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

## **Further information on IEC publications**

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

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

The on-line catalogue on the IEC web site ([http://www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut.htm](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/ip\\_entry.htm](http://www.iec.ch/online_news/justpub/ip_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](mailto:custserv@iec.ch)

Tel: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

# SPÉCIFICATION TECHNIQUE

# TECHNICAL SPECIFICATION

CEI  
IEC

TS 60695-5-3

Première édition  
First edition  
2003-04

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ  
BASIC SAFETY PUBLICATION

**Essais relatifs aux risques du feu –  
Partie 5-3:  
Effets des dommages de corrosion  
des effluents du feu –  
Méthodes d'essai du courant de fuite  
et de la perte métallique**

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

© IEC 2003 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](mailto:inmail@iec.ch) Web: [www.iec.ch](http://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 .....	6
INTRODUCTION .....	10
1 Domaine d'application.....	12
2 Références normatives .....	12
3 Termes et définitions .....	14
4 Description générale de l'essai .....	14
5 Description de l'appareillage d'essai .....	16
5.1 Généralités .....	16
5.2 Système de production et de collecte des effluents.....	16
5.3 Cibles de dommages dus à la corrosion.....	24
5.4 Système de mesure de courant de fuite .....	28
5.5 Système pour perte de métal .....	32
6 Procédures d'essai pour la mesure du dommage de corrosion.....	34
6.1 Généralités .....	34
6.2 Méthode A – Mesure du courant de fuite.....	36
6.3 Méthode B – Mesure de la perte de métal en utilisant des cibles en feuille métallique.....	40
6.4 Méthode C – Mesure de perte de métal en utilisant les cibles à résistance de PWB résistance d'épaisseur de métal définie .....	42
6.5 Méthode D – Mesure de la perte de métal en utilisant une cible à résistance de piste en serpentin PWB .....	44
7 Rapport d'essai.....	46
7.1 Généralités .....	46
7.2 Mesures du courant de fuite .....	46
7.3 Mesures de perte de métal .....	48
7.4 Cibles en feuille métallique .....	48
7.5 Cibles de résistance de PWB d'épaisseur de métal définie .....	48
7.6 Cible de résistance de piste en serpentin de PWB .....	48
8 Répétabilité et reproductibilité .....	48
Annexe A (informative) Graphique du courant de fuite type (semi-logarithmique) .....	50
Annexe B (informative) .....	52
Figure 1 – Système de production et de collecte des effluents .....	18
Figure 2 – Four tubulaire en quartz .....	20
Figure 3 – Chambre de collecte et plaque en acier .....	22
Figure 4 – Cible pour courant de fuite .....	24
Figure 5 – Schéma d'une cible de corrosion type d'épaisseur de métal définie .....	26
Figure 6 – Cible à résistance de piste en serpentin en cuivre .....	28
Figure 7 – Système de mesure du courant de fuite .....	30
Figure 8 – Câblage électrique des cibles pour courant de fuite .....	32
Figure 9 – Support de cibles pour feuilles métalliques .....	34

## CONTENTS

FOREWORD .....	7
INTRODUCTION .....	11
1 Scope .....	13
2 Normative references .....	13
3 Terms and definitions .....	15
4 General description of the test .....	15
5 Description of the test apparatus .....	17
5.1 General .....	17
5.2 Effluent generation and collection system .....	17
5.3 Corrosion damage targets .....	25
5.4 Leakage-current system .....	29
5.5 Metal-loss system .....	33
6 Test procedures for corrosion damage measurement .....	35
6.1 General .....	35
6.2 Method A – Leakage-current measurement .....	37
6.3 Method B – Metal-loss measurement using metal-foil targets .....	41
6.4 Method C – Metal-loss measurement using PWB resistance targets of defined metal thickness .....	43
6.5 Method D – Metal-loss measurement using a PWB serpentine track resistance target .....	45
7 Test report .....	47
7.1 General .....	47
7.2 Leakage-current measurements .....	47
7.3 Metal-loss measurements .....	49
7.4 Metal-foil targets .....	49
7.5 PWB resistance targets of defined metal thickness .....	49
7.6 PWB serpentine track resistance target .....	49
8 Repeatability and reproducibility .....	49
Annex A (informative) Typical leakage-current graph (semi-logarithmic) .....	51
Annex B (informative) .....	53
Figure 1 – Effluent generation and collection system .....	19
Figure 2 – Quartz furnace tube .....	21
Figure 3 – Collection chamber and steel plate .....	23
Figure 4 – Leakage current target .....	25
Figure 5 – Schematic drawing of a typical corrosion target of defined metal thickness .....	27
Figure 6 – Copper serpentine track resistance target .....	29
Figure 7 – Leakage-current measurement system .....	31
Figure 8 – Electric wiring of leakage-current targets .....	33
Figure 9 – Target holder for metal foils .....	35

Figure 10 – Emplacement de la cible dans la chambre de collecte .....	38
Figure A.1 – Fuite de courant type .....	50
Tableau 1 – Conditions d'essai .....	16
Tableau 2 – Solutions de nettoyage .....	40
Tableau 3 – Paramètres qui peuvent être utilisés pour caractériser une attaque corrosive.....	42

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TS 60695-5-3:2003

Figure 10 – Location of target in the collection chamber.....	39
Figure A.1 – Typical leakage current .....	51
Table 1 – Conditions of test.....	17
Table 2 – Cleaning solutions .....	41
Table 3 – Parameters which may be used to characterize corrosive attack.....	43

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TS 60695-5-3:2003

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

#### Partie 5-3: Effets des dommages de corrosion des effluents du feu – Méthodes d'essai du courant de fuite et de la perte métallique

#### 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 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 60695-5-3, qui est une spécification technique, a été établie par le comité d'études 89 de la CEI: Essais relatifs aux risques du feu.

Elle a le statut de norme fondamentale de sécurité, conformément au Guide 104 de la CEI: *Rédaction des publications de sécurité et utilisation des publications fondamentales de sécurité et des publications avec fonction groupée de sécurité.*

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FIRE HAZARD TESTING –****Part 5-3: Corrosion damage effects of fire effluent –  
Leakage-current and metal-loss test method****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 60695-5-3, which is a technical specification, has been prepared by IEC technical committee 89: Fire hazard testing.

It has the status of a basic safety standard in accordance with IEC Guide 104: *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*.

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

Projet d'enquête	Rapport de vote
89/545/DTS	89/570/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 présente spécification technique constitue la Partie 5-3 de la CEI 60695, qui est publiée sous le titre général *Essais relatifs aux risques du feu*. La Partie 5, *Effets des dommages de corrosion provoqués par les effluents du feu*, est composée des sous-parties suivantes:

Partie 5-1: Guide général

Partie 5-2: Résumé et pertinence des méthodes d'essai

Partie 5-3: Méthodes d'essai du courant de fuite et de la perte métallique

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

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

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

Enquiry draft	Report on voting
89/545/DTS	89/570/RVC

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

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

This technical specification forms Part 5-3 of IEC 60695, which is published under the general heading *Fire hazard testing*. Part 5, *Corrosion damage effects of fire effluent*, consists of the following sub-parts:

- Part 5-1: General guidance
- Part 5-2: Summary and relevance of test methods
- Part 5-3: 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

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

## INTRODUCTION

Le dépôt d'effluents du feu sur les produits électrotechniques peut être à l'origine d'une dégradation due à plusieurs mécanismes. Ces mécanismes comprennent

- a) le développement des courants de fuite;
- b) la perte de métal due à des réactions électrochimiques et chimiques; et
- c) l'enrassement des contacts.

Des méthodes d'essai séparées doivent être utilisées pour évaluer les effets de chacun des trois mécanismes. La présente méthode d'essai mesure le courant de fuite et la perte de métal.

La présente méthode d'essai a été développée pour être utilisée dans l'évaluation des matériaux et des produits, à des fins de conception ou de recherche et de développement. Le matériau peut être constitué d'éprouvettes de différents composants utilisés dans les produits finaux.

Cette méthode d'essai est applicable à différentes catégories de matériaux et elle est utilisée pour déterminer la propension des produits de la combustion des matériaux à causer des dommages de corrosion. Le développement des chemins du courant de fuite est mesuré en observant la réponse d'une cible normale aux produits de combustion déposés dans différentes conditions de pourcentage d'humidité relative. Les dommages de corrosion dus à la perte de métal sont mesurés en observant la réponse de cibles constituées par des feuilles métalliques ou des cibles de résistance normale aux effluents du feu.

Il est recommandé d'utiliser cette spécification technique pour mesurer et décrire la réponse de cibles définies aux effluents produits par 1 g d'échantillons exposé à la chaleur et aux flammes dans des conditions contrôlées. Il convient qu'elle ne soit pas utilisée pour décrire ou apprécier le danger du feu ou le risque d'incendie des matériaux, des produits ou des assemblages dans des conditions de feu réelles. Les effets du vieillissement de la fumée comme la coagulation des particules et les données précises concernant la conception de cartes à circuits imprimés ou des composants d'équipements électroniques spécifiques ne sont pas étudiés.

IECNORM.COM: Click [here](#) to buy

## INTRODUCTION

The deposition of fire effluent on electrotechnical products can cause degradation through several mechanisms. These mechanisms include

- a) development of leakage currents;
- b) loss of metal through electrochemical and chemical reactions; and
- c) fouling of contacts.

Separate test methods have to be used to investigate the effects of each of these three mechanisms. This test method measures leakage current and metal loss.

This test method has been developed for use in material and product evaluation, design purposes or research and development. The material may comprise test specimens of the various components used in end products.

This test method is applicable to various categories of materials and is used to determine the propensity of the material's combustion products to cause corrosion damage. The development of leakage current paths is measured by observing the response of a standard target to deposited combustion products in different per cent relative humidity conditions. Metal-loss corrosion damage is measured by observing the response of metal-foil targets or standard resistance targets to the fire effluent.

This technical specification should be used to measure and describe the response of defined targets to the effluent produced from 1 g samples exposed to heat and flame under controlled conditions. It should not be used to describe or appraise the fire hazard or fire risk of materials, products, or assemblies under actual fire conditions. The effects of smoke ageing such as particle coagulation and details of specific electronic equipment printed circuit board design or components are not investigated.

IECNORM.COM: Click to view the full standard

## ESSAIS RELATIFS AUX RISQUES DU FEU –

### Partie 5-3: Effets des dommages de corrosion des effluents du feu – Méthodes d'essai du courant de fuite et de la perte métallique

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60695 décrit les méthodes d'essai qui mesurent les effets sur les cibles des dommages de corrosion dus aux effluents du feu résultant de la combustion des éprouvettes. Le courant de fuite et la perte de métal peuvent être mesurés en utilisant des cibles appropriées.

Le modèle de décomposition utilisé dans la présente spécification technique est adapté à la simulation des scénarios feu comme une décomposition oxydante sans combustion vive, un feu couvant, un feu en développement avec formation de flammes et un feu développé.

Cette spécification technique traite de différentes méthodes d'essai qui ne sont pas équivalentes. Les méthodes d'essai sont utiles pour le développement et l'évaluation des produits parce qu'elles permettent à l'utilisateur d'évaluer différentes caractéristiques des effluents du feu qui ne sont généralement pas corrélés.

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 (voir le Guide 104 de la CEI).

#### 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 60754 (toutes les parties), *Essais sur les gaz émis lors de la combustion des matériaux prélevés sur câbles / des câbles électriques*

Guide CEI 104-1997, *Élaboration des publications de sécurité et utilisation des publications fondamentales de sécurité et publications groupées de sécurité*

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

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

## FIRE HAZARD TESTING –

### Part 5-3: Corrosion damage effects of fire effluent – Leakage-current and metal-loss test method

#### 1 Scope

This part of IEC 60695 describes test methods which measure corrosion damage effects, on targets, of fire effluent from the combustion of test specimens. Both leakage current and metal loss can be measured by using appropriate targets.

The decomposition model used in this technical specification is suitable for simulating fire scenarios, such as oxidative non-flaming decomposition, a smouldering fire, a developing fire with flame formation, and a fully developed fire.

This technical specification deals with different test methods which are not equivalent. The test methods are useful for product development and assessment because they allow the user to evaluate different characteristics of fire effluents, which generally are not correlated.

One of the responsibilities of a technical committee is, wherever applicable, to make use of basic safety publications in the preparation of its publications (see IEC Guide 104).

#### 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 60754 (all parts), *Test on gases evolved during combustion of materials from cables/electric cables*

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

### 3 Termes et définitions

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

#### 3.1

##### **dommage de corrosion**

dommage physique et/ou chimique ou détérioration de fonction, 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**

humidité relative qui conduit le courant de fuite à dépasser un niveau défini

#### 3.4

##### **effluents 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

##### **courant de fuite**

courant électrique qui s'écoule vers un circuit non désiré

### 4 Description générale de l'essai

#### AVERTISSEMENT

- a) Cette procédure d'essai implique des processus de combustion pouvant présenter des risques de feu dus aux températures élevées et aux produits de la combustion. Il convient que l'opérateur utilise des gants de protection à chaque fois que cela est nécessaire. Pour éviter toute fuite accidentelle de produits de combustion dangereux dans l'atmosphère environnante, il convient de placer le système complet (appareillage de combustion et système d'exposition) dans une hotte fermée.
- b) Le bon fonctionnement du système de ventilation doit être vérifié avant les essais et celui-ci doit être raccordé à un système d'évacuation ayant une capacité appropriée.
- c) Etant donné que dans des circonstances défavorables, il peut se produire une combustion ou une explosion extrêmement rapide lorsque le dispositif fonctionne, un écran de protection est recommandé entre l'opérateur et l'appareillage et, de plus, il convient de veiller à ce que la sortie de gaz à l'extrémité du tube du four en quartz ait le plus grand diamètre possible.

Dans cette méthode d'essai, une cible est exposée aux effluents produits par la combustion de 1 g d'éprouvette.

### 3 Terms and definitions

For the purposes of this part of IEC 60695, definitions taken from ISO/IEC 13943, together with 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 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**

relative humidity that causes leakage current to exceed a defined level

#### 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

##### **leakage current**

electrical current flowing in an undesired circuit

### 4 General description of the test

#### **WARNING**

- a) This test procedure involves combustion processes in which fire hazards may exist from high temperatures and from combustion products. The operator should use protective gloves whenever necessary. To avoid accidental leakage of hazardous combustion products into the surrounding atmosphere, the entire system (combustion apparatus and exposure system) should be placed in a fume cupboard.
- b) The venting system shall be checked for proper operation before testing and shall discharge into an exhaust system with adequate capacity.
- c) As, in unfavourable circumstances, extremely rapid combustion or explosion can occur when the device is in operation, a protective screen between the operator and the apparatus is recommended and, in addition, care should be taken to ensure that the gas outlet at the end of the quartz furnace tube is of as large a diameter as possible.

In this test method a target is exposed to effluent generated from the combustion of a 1 g test specimen.

Cette méthode d'essai permet la mesure à la fois de la corrosion avec perte de métal et du développement du courant de fuite causé par les effluents du feu résultant de la combustion des éprouvettes.

La corrosion avec perte de métal peut être mesurée en calculant la perte de masse des cibles en feuille métallique ou la résistance électrique des cibles appropriées.

La température du four et le débit d'air utilisés sont donnés dans le Tableau 1.

**Tableau 1 – Conditions d'essai**

Température du four °C	Débit d'air l/min	Etapes du feu selon l'ISO 9122-1	Type de feu
350	5	1 b)	Décomposition sans flammes (oxydante)
650	5	2	Feu en développement (avec flammes)
935	0,5	3 a)	Feu développé (avec flammes) – Ventilation relativement faible

Dans un essai de courant de fuite, des cibles normalisées de cartes pour circuits imprimés à impression en peigne, comme celles représentées à la Figure 4, sont utilisées. Après 30 min d'exposition aux effluents du feu, les cibles pour courant de fuite sont placées dans un dessiccateur à une humidité relative <10 %. Après au moins 24 h, les cibles sont placées dans une chambre de mesure du courant de fuite et elles sont soumises à un environnement présentant une humidité relative qui est portée de 30 % à 90 % par paliers de 10 % tout en étant placées sous un courant de 50 V en courant continu. Le courant de fuite qui traverse le circuit à structure à impression en peigne est mesuré à chaque augmentation de 10 % de l'humidité relative. Les résultats sont tracés sur un graphique semi-logarithmique représentant le courant de fuite par rapport au pourcentage d'humidité relative.

## 5 Description de l'appareillage d'essai

### 5.1 Généralités

Sauf spécification contraire, lorsqu'elles sont indiquées de manière explicite dans la description suivante, les dimensions sont obligatoires et doivent être suivies dans les limites de tolérances nominales de  $\pm 1$  mm.

L'appareillage d'essai est constitué d'un système de production et de collecte des effluents, des cibles à perte de métal et/ou à courant de fuite et de l'équipement de mesure électrique appropriée (voir Annexe B).

### 5.2 Système de production et de collecte des effluents

#### 5.2.1 Généralités

L'appareillage de production des effluents se compose d'un four électrique tubulaire avec une alimentation, un circuit de commande, un tube de four en quartz, d'une nacelle, d'un système d'alimentation en air et d'une chambre de collecte. Un schéma du montage d'essai est représenté à la Figure 1.

This test method allows the measurement of both metal-loss corrosion and the development of leakage current caused by fire effluents from the combustion of test specimens.

Metal-loss corrosion may be measured by measuring the mass loss of metal-foil targets, or by measuring the electrical resistance of appropriate targets.

The furnace temperatures and airflow rates used are given in Table 1.

**Table 1 – Conditions of test**

Furnace temperature °C	Air flow rate l/min	Stages of fire as in ISO9122-1	Fire type
350	5	1 b)	Non-flaming decomposition (oxidative)
650	5	2	Developing fire (flaming)
935	0,5	3 a)	Fully developed fire (flaming) – Relatively low ventilation

In a leakage-current test, standardized comb-pattern printed wiring board targets, as shown in Figure 4, are used. After a 30 min exposure to the fire effluent, the leakage current targets are placed in a dessicator with a relative humidity of <10 %. After a minimum of 24 h, the targets are placed in a leakage current measurement chamber and subjected to a relative humidity environment that is increased from 30 % to 90 % in steps of 10 % while energized with a potential of 50 V d.c. The leakage current across the target's comb pattern circuit is measured at each stepped increment of 10 % relative humidity. The results are plotted on a semi-logarithmic graph of leakage current versus percentage of relative humidity.

## 5 Description of the test apparatus

### 5.1 General

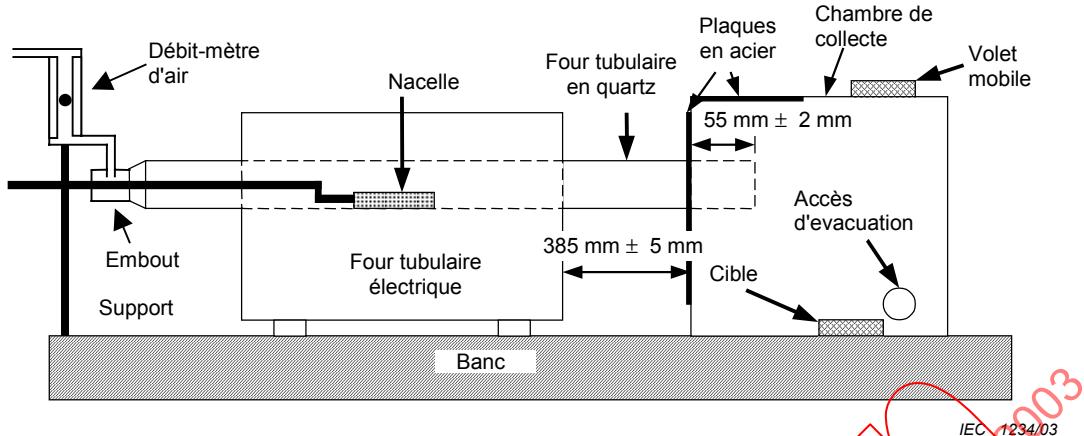
Where explicitly stated in the following description, stated dimensions are mandatory and shall be followed within nominal tolerances of  $\pm 1$  mm unless otherwise specified.

The test apparatus consists of an effluent generation and collection system, metal-loss and/or leakage-current targets, and appropriate electrical measurement equipment (see Annex B).

### 5.2 Effluent generation and collection system

#### 5.2.1 General

The effluent generation apparatus consists of an electric tube furnace with a power supply, control circuit, quartz furnace tube, combustion boat, air supply system, and a collection chamber. A schematic of the test arrangement is shown in Figure 1.



**Figure 1 – Système de production et de collecte des effluents**

### 5.2.2 Four électrique tubulaire

La longueur de la zone de chauffage du four tubulaire doit être comprise entre 500 mm et 600 mm et ce four doit avoir un diamètre intérieur nominal d'au moins 50 mm. Il doit être équipé avec un système de chauffage électrique réglable capable de contrôler la température finale à  $\pm 2\%$  de la valeur nominale. L'élément chauffant du four tubulaire doit de préférence monter jusqu'à 1 300 °C. Le four tubulaire décrit dans la CEI 60754 satisfait aux prescriptions de la présente méthode d'essai.

La température du four doit être surveillée en utilisant un thermocouple sous gaine d'acier inoxydable (chromel-alumel) de Type K de taille adaptée de 1 mm à 2 mm (1,55 mm/24 AWG est la valeur recommandée). Le thermocouple doit être situé au centre de la zone de chauffage du tube en quartz du four et au-dessus du milieu de la nacelle.

Un dispositif électronique de contrôle de la température doit être utilisé pour contrôler la température du four.

### 5.2.3 Ensemble tube du four en quartz à haute température et embout

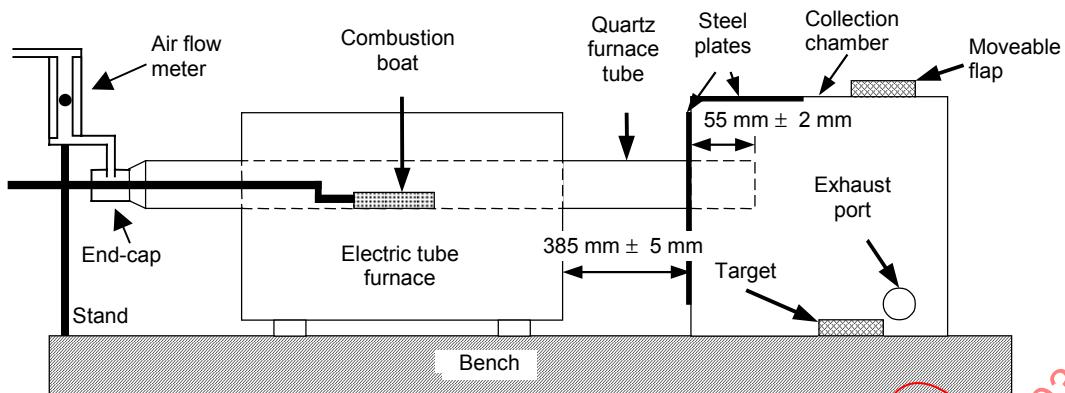
Le four tubulaire en quartz utilisé à l'intérieur du tube de four, comme indiqué à la Figure 2, est fait de verre quartzeux résistant à la chaleur, d'une longueur minimale de 1 m et avec une épaisseur de paroi de  $2 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ . Il doit être approximativement concentrique au calibre du four tubulaire. Le diamètre extérieur doit pouvoir permettre une adaptation facile à l'intérieur du tube et une expansion différentielle aux températures de fonctionnement (voir Note 1).

Une extrémité du four tubulaire en quartz doit être aménagée de façon à permettre à l'air et à une tige poussoir de passer à travers le tube. La tige poussoir est utilisée pour placer la nacelle en position pour l'essai. L'autre extrémité du four tubulaire en quartz dépasse de 55 mm dans la chambre de mélange et de mesure. Le four tubulaire en quartz doit être nettoyé après chaque essai.

Un schéma du four tubulaire en quartz est donné à la Figure 2.

NOTE 1 Il a été considéré qu'un tube du four en quartz de diamètre extérieur de  $47,5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  était convenable.

NOTE 2 S'il est établi que les produits de la combustion se condensent sur la portion non chauffée du tube du four en quartz, cela peut être empêché en plaçant une bande chauffante autour du tube dans la zone située entre le four tubulaire et la chambre de collecte et avec la température de la bande réglée pour obtenir une température de surface minimale du tube en quartz de 150 °C.



**Figure 1 – Effluent generation and collection system**

### 5.2.2 Electric tube furnace

The length of the heating zone of the tube furnace shall be 500 mm to 600 mm and it shall have a nominal inside diameter of at least 50 mm. It shall be equipped with an adjustable electric heating system capable of controlling the final temperature to within  $\pm 2\%$  of nominal. The tube furnace element shall preferably be rated at 1300 °C. The tube furnace described in IEC 60754 meets the requirements of this test method.

The temperature of the furnace shall be monitored using a suitably sized 1 mm to 2 mm Type K (chromel-alumel) stainless steel sheathed thermocouple (1,55 mm/24 AWG is recommended). The thermocouple shall be located at the centre of the quartz furnace tube heating zone and above the middle of the combustion boat.

An electronic temperature controller shall be used to control the temperature of the furnace.

### 5.2.3 High-temperature quartz furnace tube and end-cap assembly

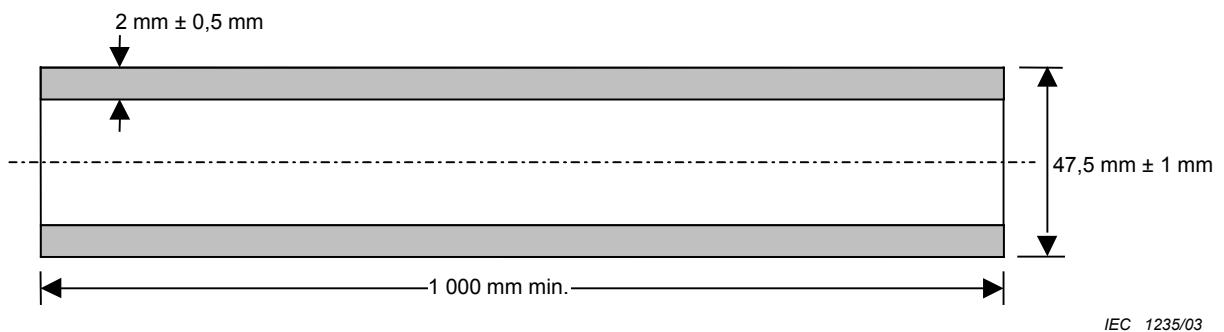
The quartz furnace tube used inside the tube furnace, as shown in Figure 2, is made of heat-resistant quartz glass with a minimum length of 1 m, and a wall thickness of  $2\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$ . It shall be approximately concentric to the tube furnace bore. The outside diameter shall be able to permit a smooth fit within the tube furnace and to allow for differential expansion at operating temperatures (see note 1).

The back end of the quartz furnace tube accommodates a fitting to allow air and a slide rod drive to pass through. The slide rod is used to move the combustion boat into position for the test. The front end of the quartz furnace tube protrudes 55 mm into the mixing and measurement chamber. The quartz furnace tube shall be cleaned after each test.

The quartz furnace tube is shown in Figure 2.

NOTE 1 A quartz furnace tube of outside diameter  $47,5\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$  has been found to be suitable.

NOTE 2 If it is found that combustion products condense on the unheated portion of the quartz furnace tube, this may be prevented by placing a heating tape around the quartz furnace tube in the area between the tube furnace and the collection chamber and with the temperature of the tape set to obtain a minimum quartz furnace tube surface temperature of 150 °C.



**Figure 2 – Four tubulaire en quartz**

#### 5.2.4 Eprouvette et nacelle

L'éprouvette consiste en un morceau de matériau de  $1 \text{ g} \pm 0,05 \text{ g}$  prélevé sur un échantillon plus grand de matériau brut, ou sur un produit discret, ou sur une partie d'un produit ou sur un composant du produit. Cette éprouvette est conditionnée comme décrit en 6.1.3.

La nacelle utilisée pour abriter l'éprouvette doit être en porcelaine avec des dimensions approximatives de  $97 \text{ mm}$  (longueur)  $\times 16 \text{ mm}$  (largeur)  $\times 10 \text{ mm}$  (hauteur). Les dimensions intérieures doivent être suffisantes pour contenir l'éprouvette.

#### 5.2.5 Chambre de collecte

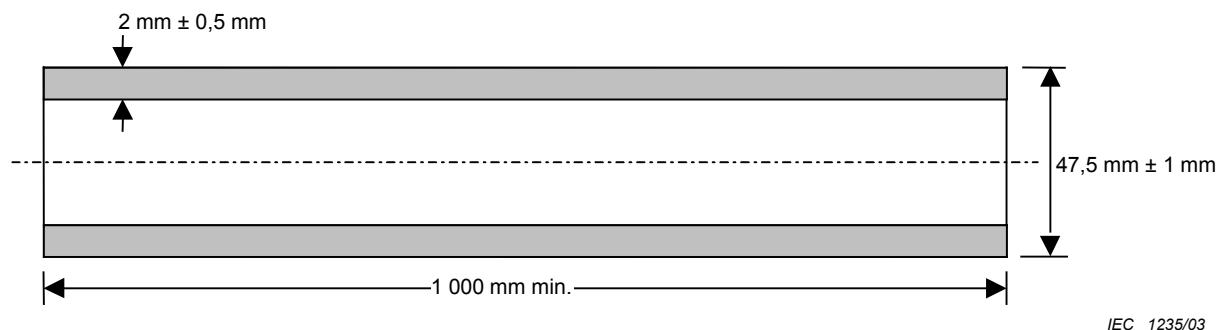
La chambre de collecte est en polyméthacrylate de méthyle (PMMA), de  $3 \text{ mm}$  d'épaisseur avec des dimensions extérieures de  $310 \text{ mm}$  (largeur)  $\times 310 \text{ mm}$  (profondeur)  $\times 340 \text{ mm}$  (hauteur).

Une ouverture de  $160 \text{ mm} \times 180 \text{ mm}$  est prévue sur le côté de la chambre qui fait face au four tubulaire. Une plaque en acier inoxydable de  $3 \text{ mm}$  d'épaisseur avec un orifice ayant un diamètre de  $53 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  est boulonnée sur l'extérieur de la chambre. Un papier d'isolation en feutre de  $3 \text{ mm}$  d'épaisseur est intercalé entre la plaque en acier inoxydable et la surface extérieure de la chambre. La plaque et le papier d'isolation sont destinés à protéger la surface de la chambre des flammes ou des gaz chauds provenant du tube en quartz.

Une plaque en acier inoxydable de  $3 \text{ mm}$  d'épaisseur de  $240 \text{ mm} \times 140 \text{ mm}$  est boulonnée au plafond de la chambre pour empêcher les flammes ou les gaz chauds de toucher directement le plafond. Le haut de la chambre est équipé d'un orifice d'un diamètre de  $75 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ . Cet orifice est couvert par une plaque en PMMA de  $3 \text{ mm}$  d'épaisseur, avec des charnières d'un côté, ayant des dimensions de  $125 \text{ mm} \times 125 \text{ mm}$ . Cette plaque est fermée au cours des essais et elle est destinée à s'ouvrir et à libérer toute pression. Un côté de la chambre possède une ouverture de  $25 \text{ mm}$  de diamètre pour évacuer les produits de la combustion vers un système d'évacuation.

Un dessin de la chambre de collecte et des plaques en acier inoxydable est présenté à la Figure 3.

NOTE Les effluents du feu doivent adhérer à la surface interne de la chambre de collecte et peuvent affecter les résultats d'essai. Il est recommandé que de tels résidus soient enlevés avant chaque essai.

**Figure 2 – Quartz furnace tube**

#### 5.2.4 Test specimen and combustion boat

The test specimen is  $1 \text{ g} \pm 0,05 \text{ g}$  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. The test specimen is conditioned as described in 6.1.3.

The combustion boat used to hold the test specimen shall be of porcelain material having approximate dimensions of 97 mm long  $\times$  16 mm wide  $\times$  10 mm high. The internal dimensions shall be large enough to contain the test specimen.

#### 5.2.5 Collection chamber

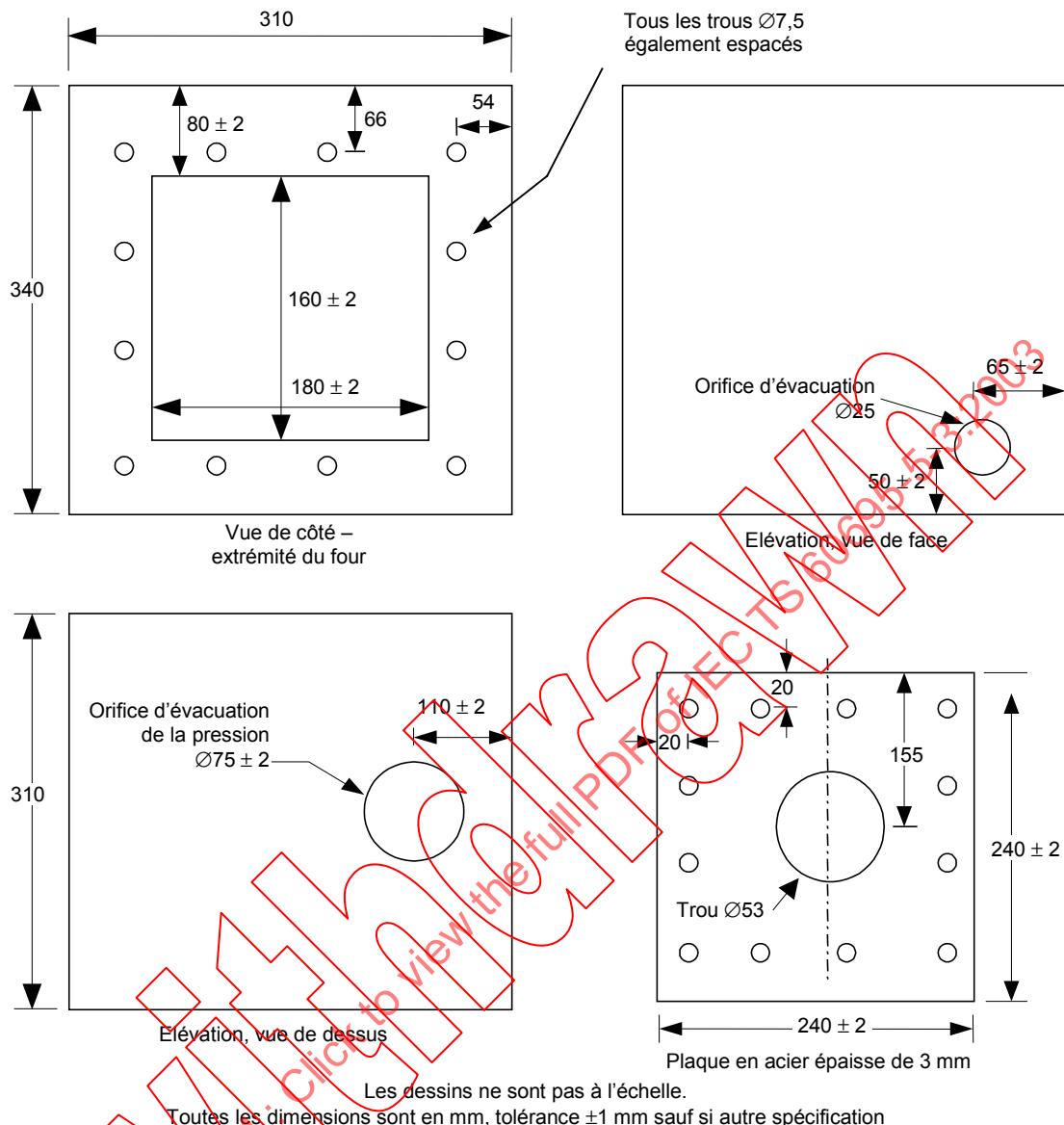
The collection chamber is made from 3 mm thick polymethylmethacrylate (PMMA), having outside dimensions of 310 mm wide  $\times$  310 mm deep  $\times$  340 mm high.

An opening of 160 mm  $\times$  180 mm is provided in the side of the chamber facing the tube furnace. A 3 mm thick stainless steel plate with a 53 mm  $\pm$  2 mm diameter hole is bolted to the outside of the chamber. Felt insulation paper 3 mm thick is placed between the stainless steel plate and the outside surface of the chamber. The purpose of the plate and the insulation paper is to protect the surface of the chamber from flames or hot gases emanating from the quartz furnace tube.

A 3 mm thick stainless steel plate 240 mm  $\times$  140 mm is bolted on the ceiling of the chamber to prevent flames or hot gases from impinging directly on to the ceiling. The top of the chamber is provided with a 75 mm  $\pm$  2 mm diameter hole. This hole is covered with a 3 mm thick PMMA plate, hinged on one side, having dimensions of 125 mm  $\times$  125 mm. This plate is closed during testing and is intended to open and relieve any pressure. One side of the chamber has a 25 mm diameter opening to exhaust the products of combustion to an exhaust system.

A drawing of the collection chamber and the stainless steel plates is shown in Figure 3.

**NOTE** Fire effluents may adhere onto the inner surface of the collection chamber and may affect the test results. It is recommended that such residues be removed before each test.

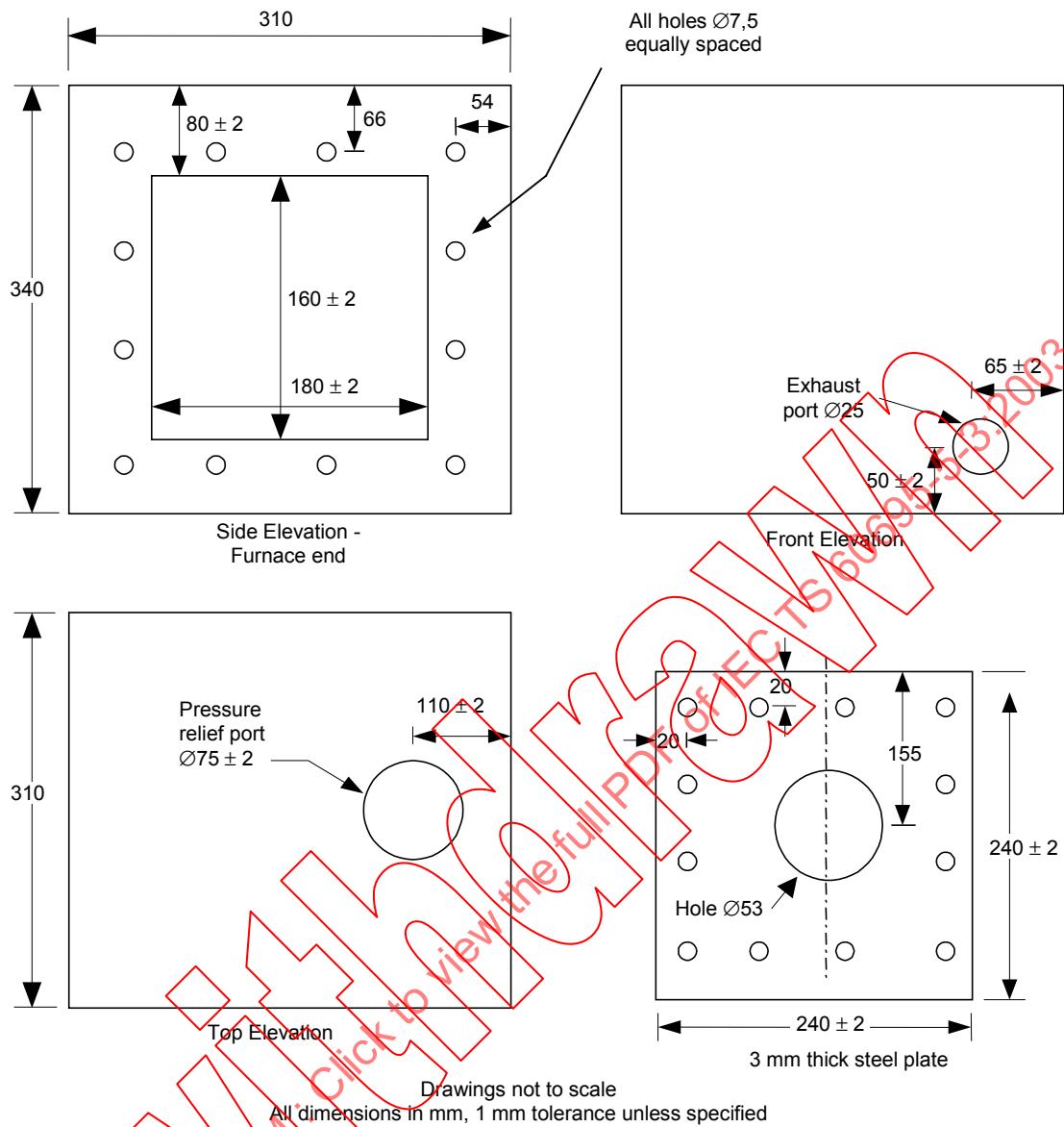


**Figure 3 – Chambre de collecte et plaque en acier**

#### 5.2.6 Système d'alimentation en air

L'air utilisé pour la combustion doit être propre et sec. Si l'air n'est pas fourni par une bouteille d'air compressé, il doit être filtré avec du charbon activé.

Le flux d'air doit être contrôlé par un débitmètre approprié pour le scénario feu utilisé et doit avoir une tolérance de ±2,5 %.



**Figure 3 – Collection chamber and steel plate**

### 5.2.6 Air supply system

The air used for combustion shall be clean and dry. If the air is not from a compressed air bottle it shall be filtered with activated charcoal.

The airflow shall be controlled by an air flowmeter appropriate for the fire scenario used and shall have a tolerance of not more than  $\pm 2,5\%$ .

### 5.3 Cibles de dommages dus à la corrosion

#### 5.3.1 Lignes directrices

Le type de cible utilisé est déterminé par le scénario feu et la nature du dommage de corrosion étudié. Pour les mesures des courants de fuite, utiliser la cible décrite en 5.3.2. Pour les mesures de perte de métal, utiliser les cibles décrites en 5.3.3.

#### 5.3.2 Cible pour courant de fuite

La cible pour courant de fuite est une structure en cuivre à impression en peigne présentant 40 espaces isolants entre les éléments conducteurs. La largeur des éléments conducteurs et l'espace entre eux est de  $0,32 \text{ mm} \pm 0,02 \text{ mm}$ . Les surfaces en cuivre sont étamées et montées sur un stratifié de carte imprimée de 1,6 mm d'épaisseur. Le cuivre a une épaisseur de 0,018 mm, le métal utilisé pour l'étamage est en étain/plomb (60 %/40 %) et l'épaisseur du masque de brasage est de 0,0008 mm. La cible est représentée à la Figure 4.

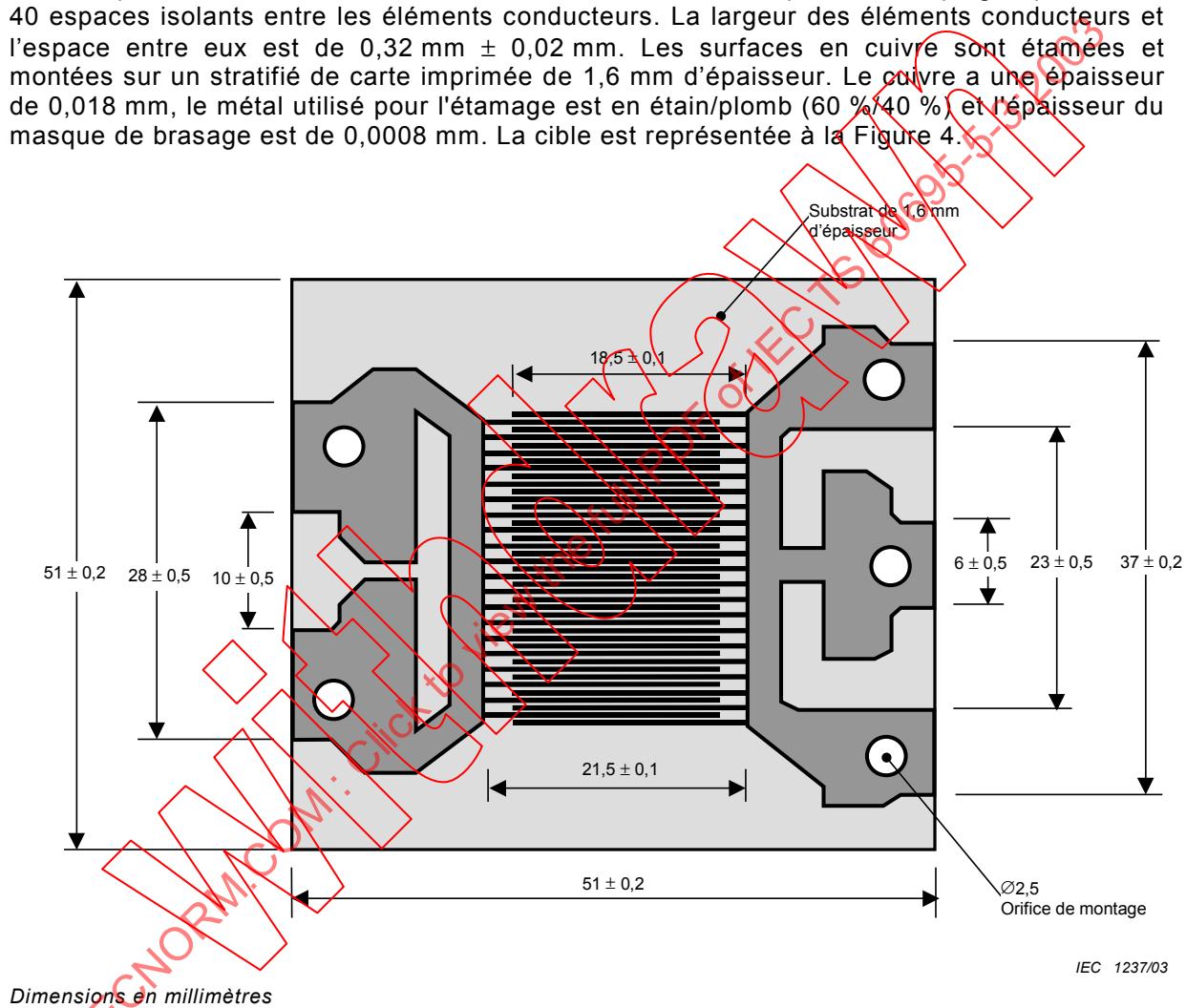


Figure 4 – Cible pour courant de fuite

#### 5.3.3 Cibles pour perte de métal

Les cibles pour perte de métal peuvent être des feuilles métalliques ou des cartes pour circuits imprimés. Les cibles à carte pour circuit imprimé sont de deux types; cibles à résistance d'épaisseur de métal définie et cibles à résistance à piste en serpentin conductrice.

##### 5.3.3.1 Cibles en feuille métallique

Les cibles en feuille métallique peuvent être constituées, par exemple, des métaux suivants: fer, acier, cuivre, aluminium ou zinc. Les dimensions de chaque cible en feuille doivent être de  $60 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \times$  l'épaisseur maximale disponible entre 0,3 mm et 0,5 mm.

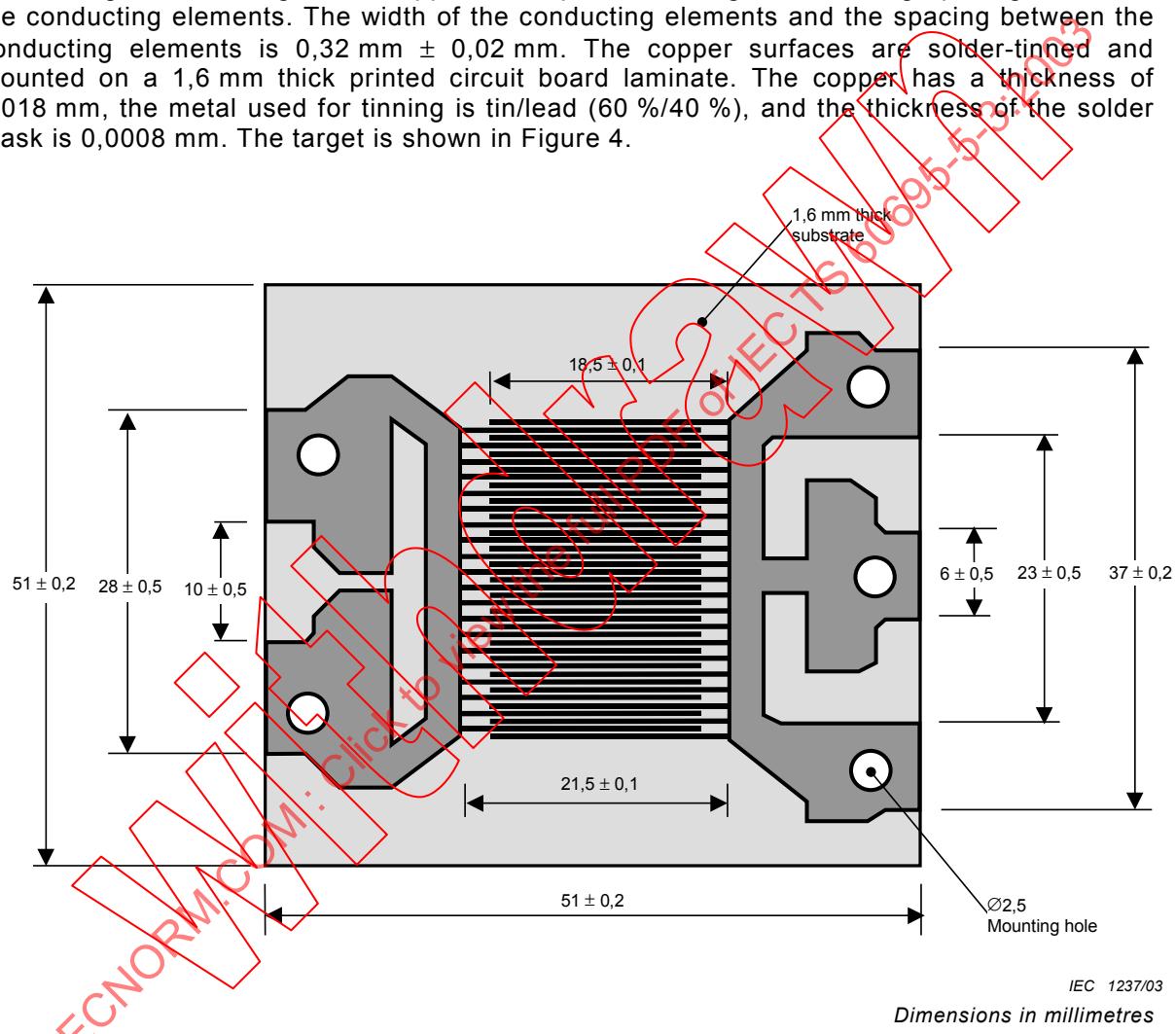
### 5.3 Corrosion damage targets

#### 5.3.1 Guidance

The type of target used is determined by the fire scenario and the nature of the corrosion damage which is of concern. For leakage current measurements use the target described in 5.3.2. For metal-loss measurements, use the targets described in 5.3.3.

#### 5.3.2 Leakage-current target

The leakage-current target is a copper comb pattern having 40 insulating spacings between the conducting elements. The width of the conducting elements and the spacing between the conducting elements is  $0,32 \text{ mm} \pm 0,02 \text{ mm}$ . The copper surfaces are solder-tinned and mounted on a 1,6 mm thick printed circuit board laminate. The copper has a thickness of 0,018 mm, the metal used for tinning is tin/lead (60 %/40 %), and the thickness of the solder mask is 0,0008 mm. The target is shown in Figure 4.



**Figure 4 – Leakage current target**

#### 5.3.3 Metal-loss targets

Metal-loss targets may be metal foils or printed wiring boards. Printed wiring board targets are of two types; resistance targets of defined metal thickness, and resistance targets having a conductive serpentine track.

##### 5.3.3.1 Metal-foil targets

Metal-foil targets may consist, for example, of the following metals: iron, steel, copper, aluminium or zinc. The dimensions of each foil target shall be 60 mm × 20 mm × the maximum available thickness between 0,3 mm and 0,5 mm.

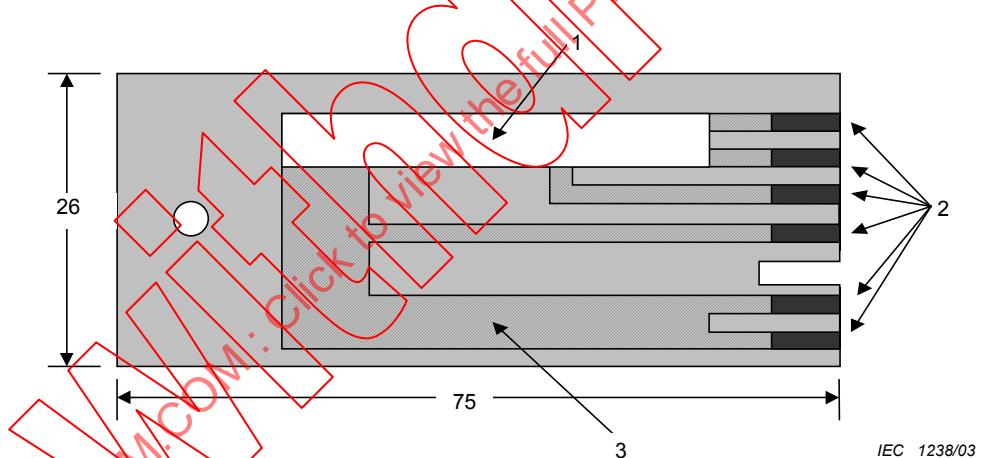
### 5.3.3.2 Cibles à résistance de carte pour circuit imprimé à épaisseur de métal définie

Ces cibles sont composées de deux éléments de circuit en matériau 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 de la corrosion est constitué d'un pont de Kelvin, modifié pour mesurer la variation de la résistance électrique de cibles de corrosion et présentant une résolution, pour la mesure des variations de l'épaisseur de la cible, inférieure à 5 nm.

Deux types de cibles en cuivre ont été utilisés pour obtenir des données sur la corrosivité des produits de combustion.

Il a été établi qu'une cible de 250 nm d'épaisseur nominale était susceptible d'engendrer de la corrosion 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, il a été 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 présenté à la Figure 5.



#### Légende

- 1 élément actif
- 2 connecteurs vers l'appareil de mesure de la corrosion
- 3 élément de référence

Les dimensions (approximatives) sont en millimètres

NOTE La zone hachurée de l'élément de circuit est protégée par un matériau non réactif.

**Figure 5 – Schéma d'une cible de corrosion type d'épaisseur de métal définie**

### 5.3.3.3 Cible à résistance de piste en serpentin de carte pour circuit imprimé

La cible doit être constituée d'un circuit pour carte de circuit imprimé en cuivre, comme représenté à la Figure 6, réalisé en gravant chimiquement une base stratifiée plaquée cuivre pour obtenir 36 pistes conductrices, chacune de  $52 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  de longueur,  $0,3 \text{ mm} \pm 0,02 \text{ mm}$  de largeur et  $17 \mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$  d'épaisseur, avec un espacement de  $0,3 \text{ mm} \pm 0,02 \text{ mm}$ , sur une plaque de base en époxyde stratifié présentant les caractéristiques suivantes:

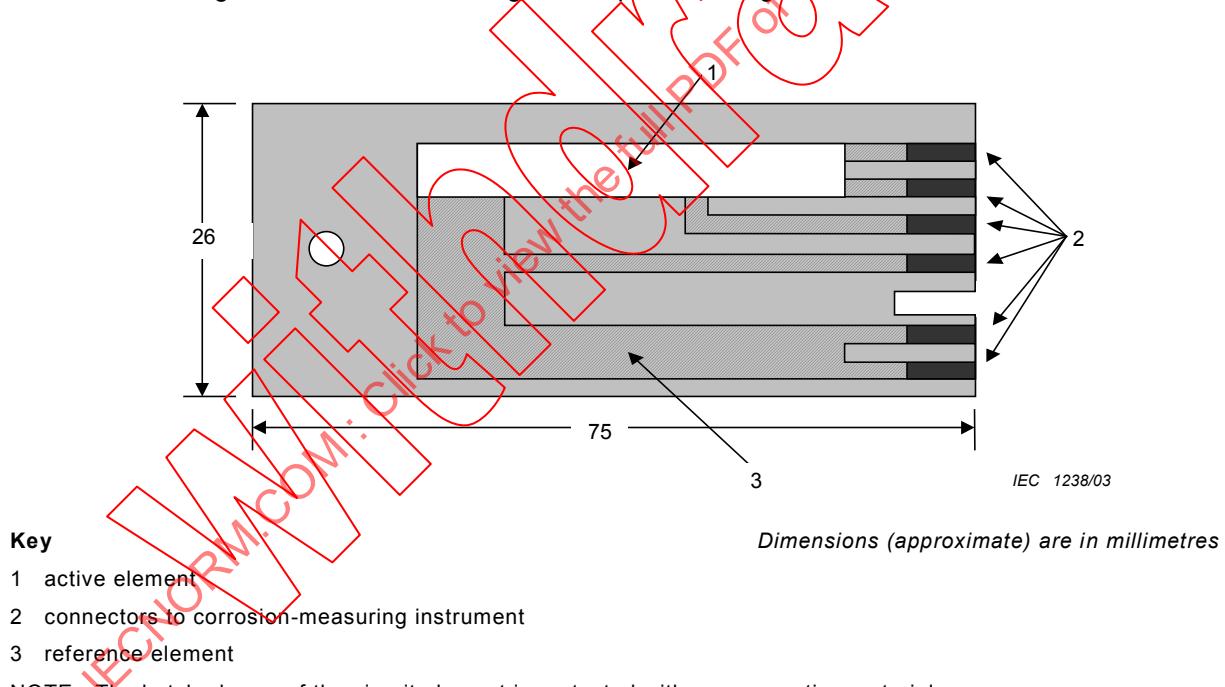
### 5.3.3.2 Printed wiring board resistance targets of defined metal thickness

These targets are composed of two circuit elements of identical material 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 measuring instrument consists of a Kelvin bridge, modified for measurement of the change in electrical resistance of corrosion targets and with a resolution, for measuring changes in thickness of the target, of not more than 5 nm.

Two types of copper target have been used to obtain 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 5.



**Figure 5 – Schematic drawing of a typical corrosion target of defined metal thickness**

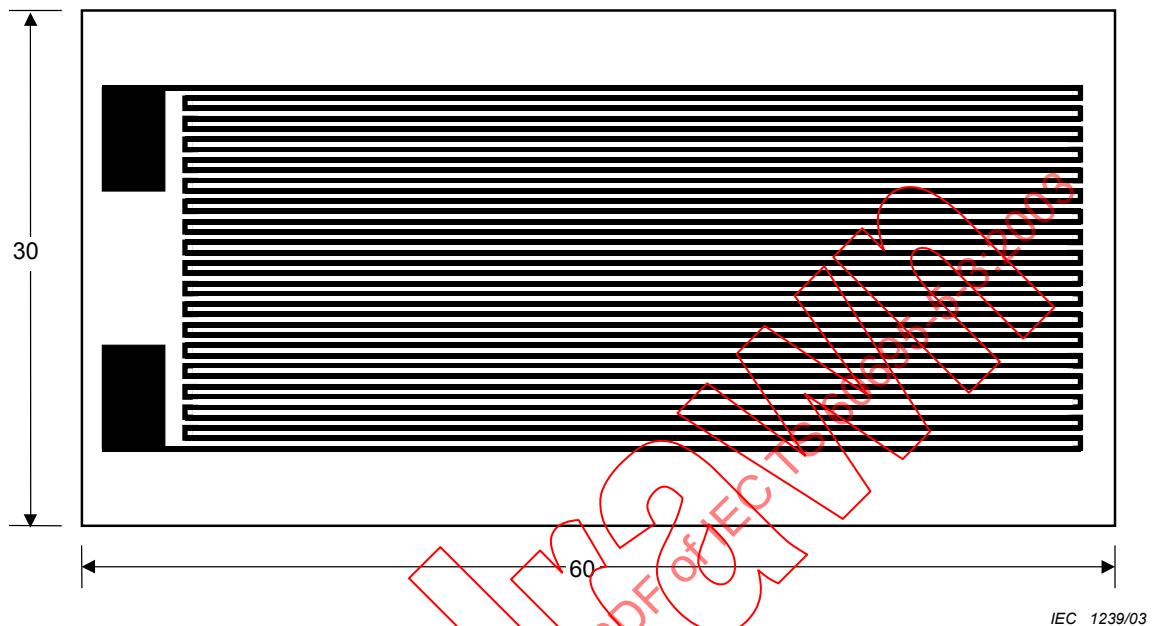
### 5.3.3.3 Printed wiring board serpentine track resistance target

The target shall consist of a copper printed wiring board (PWB) circuit, as shown in Figure 6, made by etching a copper-plated laminate base to provide 36 conductor tracks each 52 mm  $\pm$  1 mm long, 0,3 mm  $\pm$  0,02 mm wide and 17  $\mu\text{m}$   $\pm$  1  $\mu\text{m}$  thick, at a spacing of 0,3 mm  $\pm$  0,02 mm, on a laminated epoxy baseplate having the following characteristics:

Dimensions:  $30 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm} \times 1,5 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$

Résistance:  $8,0 \Omega \pm 0,5 \Omega$

Les produits condensés réagissent avec le cuivre s'ils sont corrosifs et la corrosivité est évaluée par la variation de la résistance.



**Figure 6 – Cible à résistance de piste en serpentin en cuivre**

#### **5.4 Système de mesure de courant de fuite**

##### **5.4.1 Généralités**

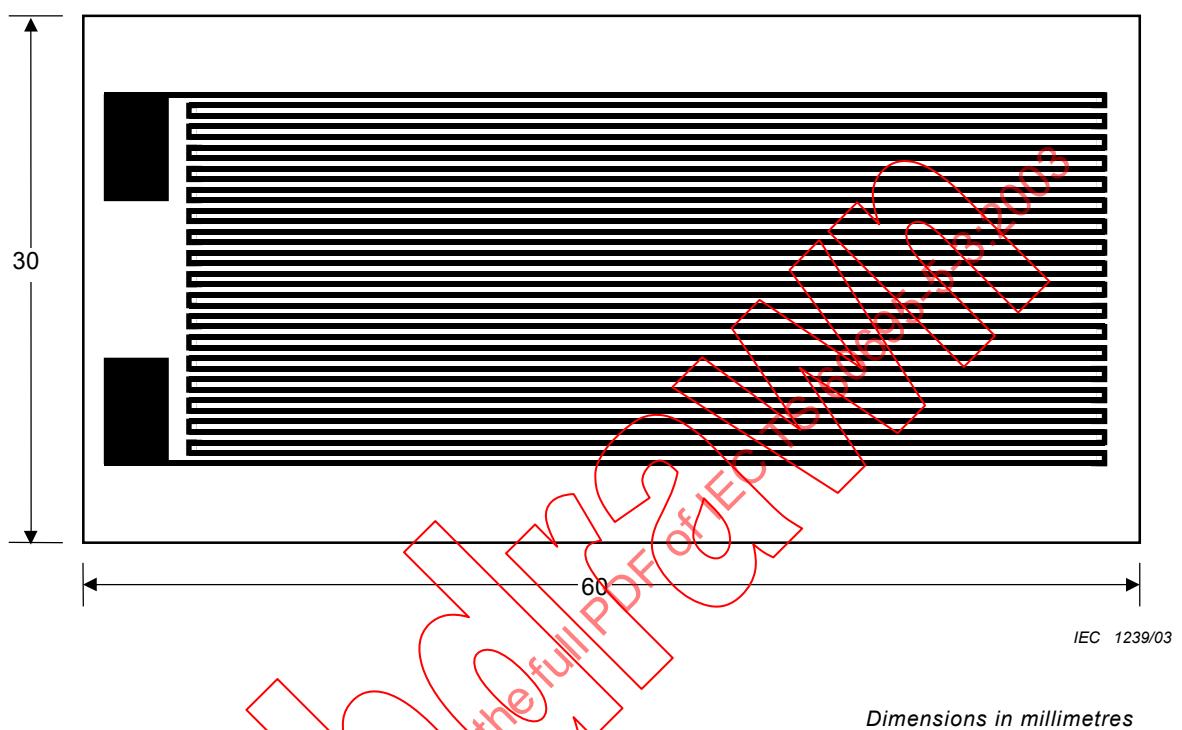
Le système de mesure de courant de fuite est constitué de l'équipement de contrôle d'humidité, de la chambre de mesure du courant de fuite, de l'élément sensible pour l'humidité relative, de l'alimentation en courant continu, du système de commutation et d'un appareil de mesure du courant de fuite.

Le système de mesure du courant de fuite est représenté de manière schématique à la Figure 7.

Dimensions:  $30 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm} \times 60 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm} \times 1,5 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$

Resistance:  $8,0 \Omega \pm 0,5 \Omega$

Condensed products react with the copper if they are corrosive and the corrosivity is assessed by the change in resistance.



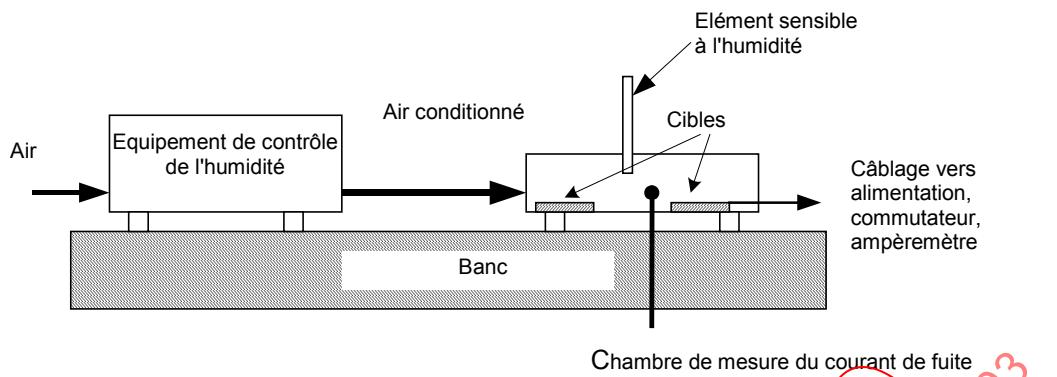
**Figure 6 – Copper serpentine track resistance target**

#### 5.4 Leakage-current system

##### 5.4.1 General

The leakage-current measurement system consists of the humidity control equipment, leakage-current measurement chamber, relative humidity sensor, direct current power supply, switching system, and a leakage-current meter.

The leakage-current measurement system is shown schematically in Figure 7.



**Figure 7 – Système de mesure du courant de fuite**

#### 5.4.2 Equipement de contrôle d'humidité

L'équipement de contrôle d'humidité doit être capable de fournir de l'air conditionné à la chambre de mesure du courant de fuite à  $23^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  et à une humidité relative réglable en permanence de 30 % à 90 %. L'équipement doit être capable de fournir l'air conditionné par paliers d'au moins 10 % d'humidité relative dans les limites de 30 % à 90 % de la gamme d'humidité relative. L'équipement de contrôle d'humidité doit assurer un contrôle de l'humidité dans les limites de 1 % de la valeur réglée.

#### 5.4.3 Chambre de mesure du courant de fuite

La chambre de mesure du courant de fuite est construite en aluminium et a les dimensions suivantes 200 mm (longueur)  $\times$  150 mm (largeur)  $\times$  50 mm (hauteur). Le haut de la chambre est équipé de charnières et il est fermé pendant la mesure du courant de fuite. Un environnement à humidité contrôlée est établi au cours de la période de mesure. Une sonde pour mesurer l'humidité relative avec une précision minimale de  $\pm 3\%$  doit être utilisée.

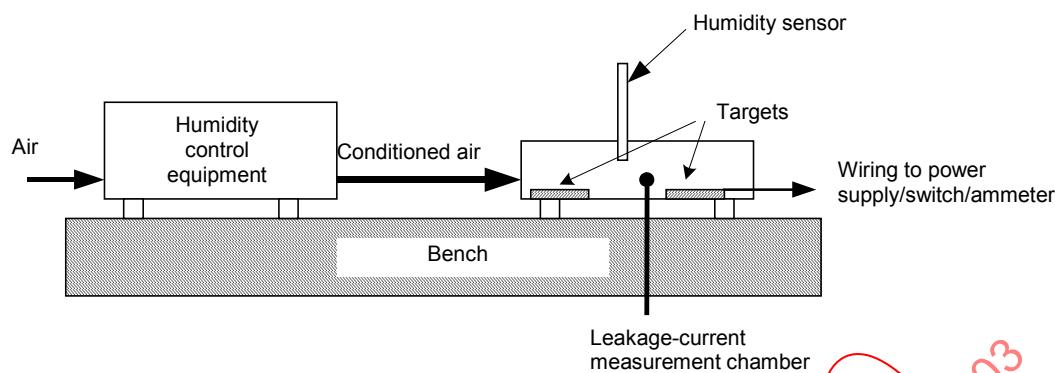
La chambre est conçue pour accueillir au moins trois cibles pour courant de fuite (deux exposées et une non exposée aux produits de combustion). Le câblage électrique vers les cibles est représenté à la Figure 8.

#### 5.4.4 Alimentation en courant continu

L'alimentation doit être capable de fournir un courant de 50 V en courant continu  $\pm 0,1\text{ V}$  en courant continu à la cible pour courant de fuite.

#### 5.4.5 Système de commutation

Un système de commutation doit être utilisé pour passer d'une cible pour courant de fuite à une autre (voir Figure 8).



**Figure 7 – Leakage-current measurement system**

#### 5.4.2 Humidity control equipment

The humidity control equipment shall be capable of providing conditioned air to the leakage-current measurement chamber at  $23^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ , and relative humidity continuously adjustable from 30 % to 90 %. The equipment shall be capable of providing the conditioned air in increments of at least 10 % relative humidity within the 30 % to 90 % relative humidity range. The humidity control equipment shall provide humidity control within 1 % of the set value.

#### 5.4.3 Leakage-current measurement chamber

The leakage-current measurement chamber is constructed from aluminium having dimensions of 200 mm long  $\times$  150 mm wide  $\times$  50 mm high. The top of the chamber is hinged and is closed during the measurement of leakage current. A controlled humidity environment is established during the measurement period. A probe to measure relative humidity with a minimum accuracy of  $\pm 3\%$  shall be used.

The chamber is designed to accommodate at least three leakage-current targets (two exposed and one not exposed to combustion products). The electric wiring to the targets is shown in Figure 8.

#### 5.4.4 DC power supply

The power supply shall be capable of providing 50 V d.c.  $\pm 0,1$  V d.c. to the leakage-current target.

#### 5.4.5 Switching system

A switching system shall be used to switch from one leakage-current target to another (see Figure 8).

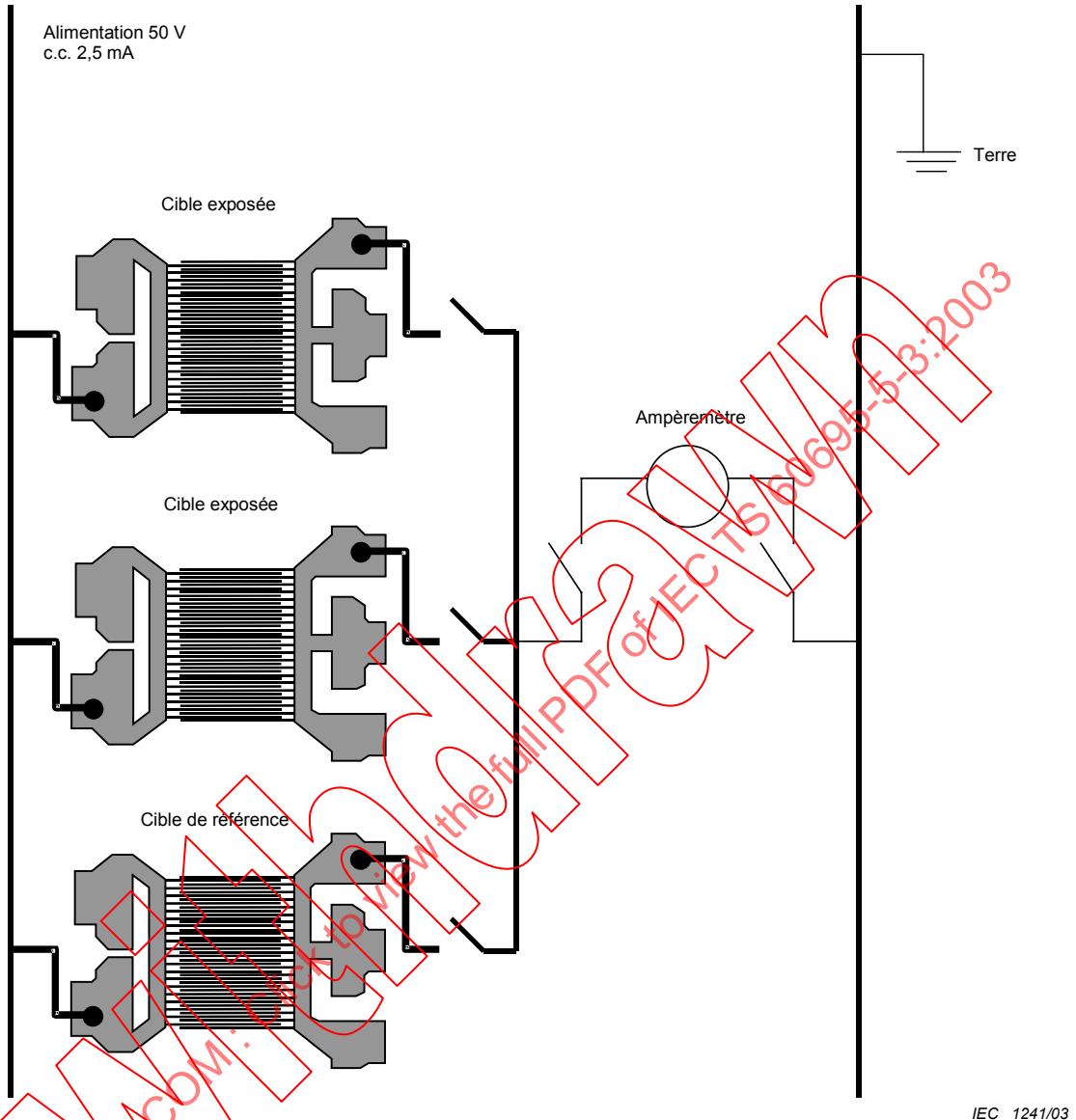


Figure 8 – Câblage électrique des cibles pour courant de fuite

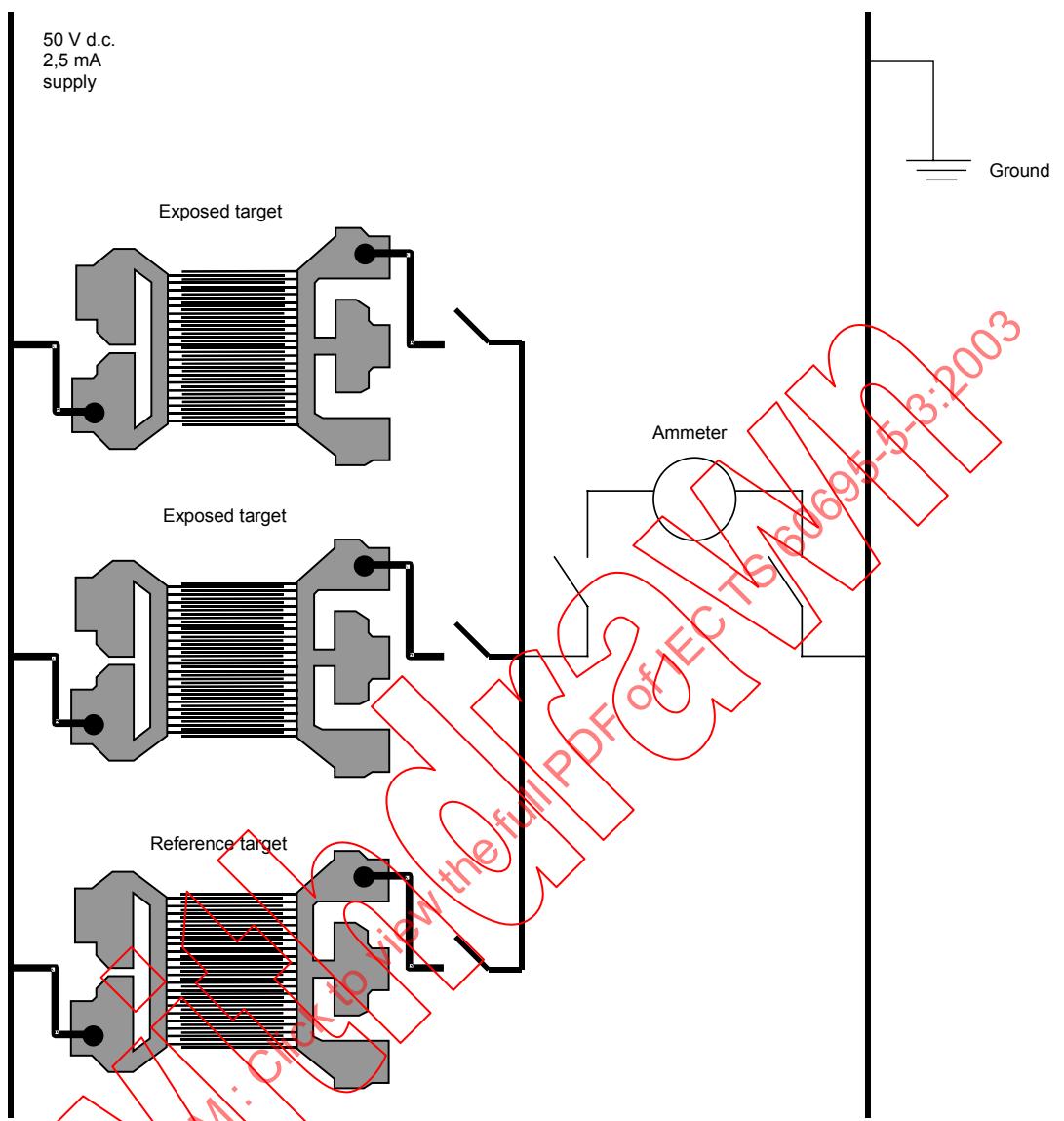
#### 5.4.6 Appareil de mesure du courant

L'appareil de mesure du courant doit être capable de mesurer les courants de fuite de 1 pA à 2,5 mA avec une tolérance inférieure à  $\pm 1\%$ .

### 5.5 Système pour perte de métal

#### 5.5.1 Support de la cible pour perte de métal

Le support de cible peut être construit comme indiqué à la Figure 9. Le support cible doit être en verre ou dans un autre matériau céramique adapté et doit avoir une épaisseur de 5 mm. Les feuilles métalliques doivent être maintenues en position verticale.



IEC 1241/03

**Figure 8 – Electric wiring of leakage-current targets****5.4.6 Current meter**

The current meter shall be capable of measuring leakage currents from 1 pA to 2,5 mA with a tolerance of not more than  $\pm 1\%$ .

**5.5 Metal-loss system****5.5.1 Metal-foil target holder**

The target holder may be constructed as shown in Figure 9. The target holder shall be made of glass or other suitable ceramic material, and have a thickness of 5 mm. The metal foils shall be held in a vertical position.

### 5.5.2 Appareil de mesure de la résistance

Ce dispositif doit être capable de mesurer la résistance avec une tolérance inférieure à  $\pm 0,01 \Omega$  dans la gamme de  $5 \Omega$  à  $15 \Omega$ .

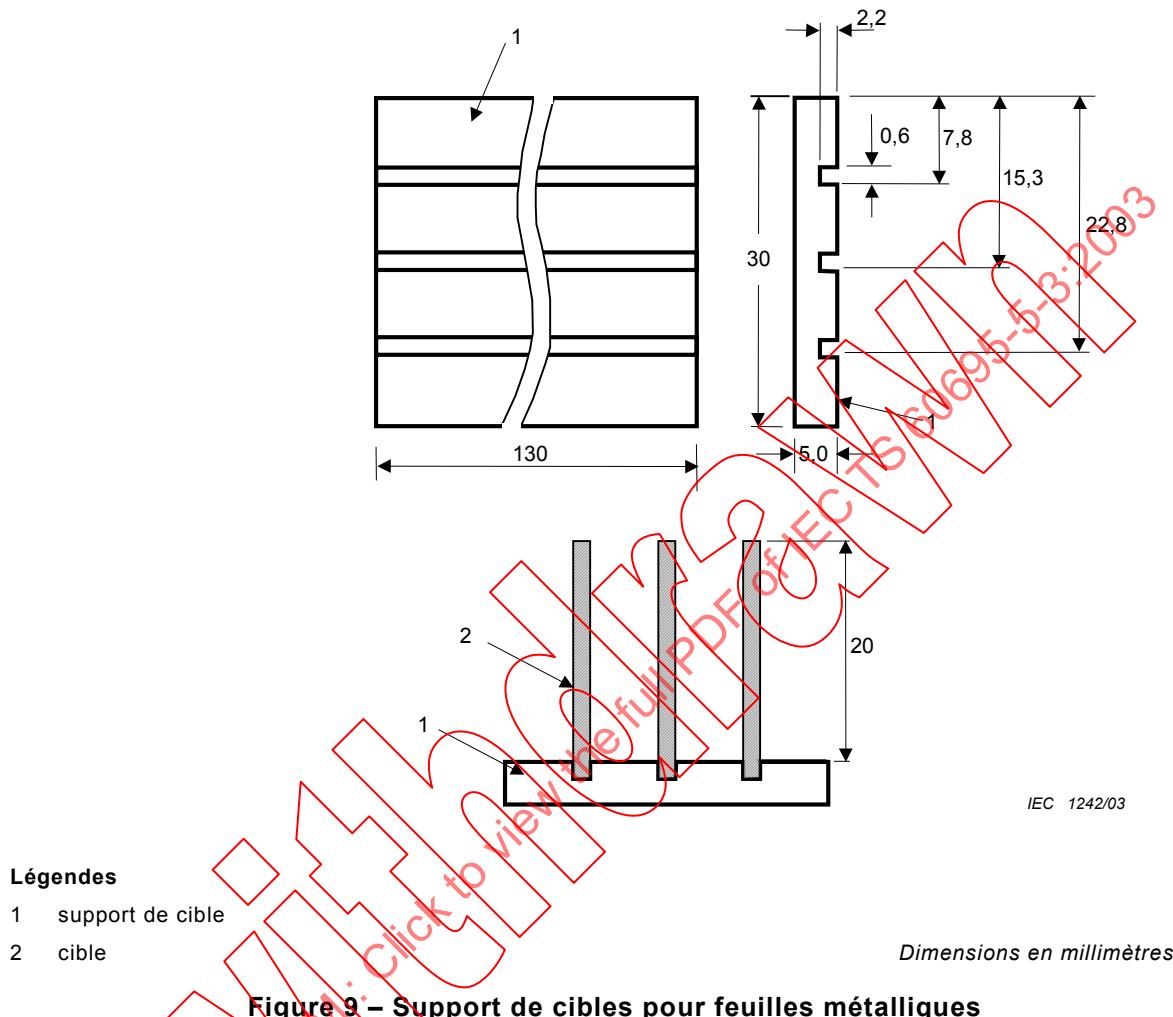


Figure 9 – Support de cibles pour feuilles métalliques

## 6 Procédures d'essai pour la mesure du dommage de corrosion

### 6.1 Généralités

#### 6.1.1 Réglage de la température du four

Ajuster la puissance du four de manière à ce que la température au centre du tube en quartz du four, telle qu'elle est mesurée par le thermocouple, coïncide avec la température du scénario feu choisi dans le Tableau 1. Laisser la température se stabiliser pendant au moins 1 h. La température au centre du tube en quartz du four doit être située dans les limites de 1 % de la température du scénario feu choisie.

#### 6.1.2 Nettoyage de la nacelle

La nacelle doit être nettoyée par conditionnement avant utilisation, à une température minimale de  $930^{\circ}\text{C}$  pendant au moins 30 min pour brûler tout résidu laissé au cours de l'essai précédent. La nacelle doit ensuite être refroidie pour revenir aux conditions ambiantes avant utilisation.

### 5.5.2 Resistance meter

The device shall be capable of measuring resistance to a tolerance of not more than  $\pm 0,01 \Omega$  over the range  $5 \Omega$  to  $15 \Omega$ .

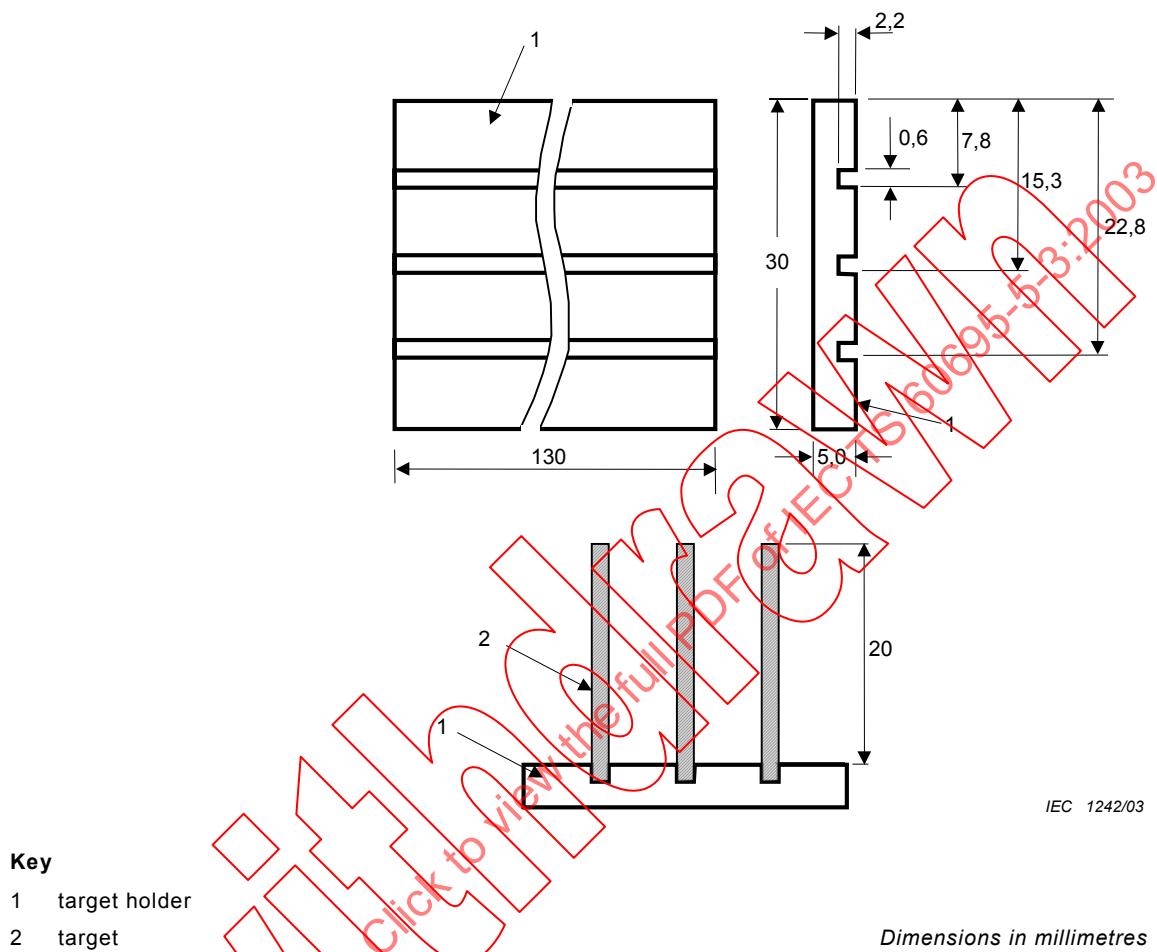


Figure 9 – Target holder for metal foils

## 6 Test procedures for corrosion damage measurement

### 6.1 General

#### 6.1.1 Setting the furnace temperature

Adjust the power to the furnace until the temperature in the centre of the quartz furnace tube, as measured by the thermocouple, coincides with the fire scenario temperature selected from Table 1. Allow the temperature to stabilize for a minimum of 1 h. The temperature in the centre of the quartz furnace tube shall be within 1 % of the selected fire scenario temperature.

#### 6.1.2 Cleaning of the combustion boat

The combustion boat shall be cleaned by conditioning prior to use at a minimum temperature of  $930 {^\circ}\text{C}$  for a minimum of 30 min to burn off any residue left over from the previous test. The combustion boat shall then be cooled to ambient conditions prior to use.

### 6.1.3 Conditionnement de l'éprouvette

Les éprouvettes doivent être conditionnées pendant au moins 24 h à  $23^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  et 50 % ± 5 % d'humidité relative.

### 6.1.4 Procédure de combustion

Une éprouvette de  $1\text{ g} \pm 0,05\text{ g}$  doit être placée dans une nacelle propre. Les masses suivantes doivent être enregistrées:

- a) éprouvette d'essai;
- b) nacelle; puis
- c) nacelle plus éprouvette.

Dès que l'on est prêt pour réaliser l'essai, placer l'éprouvette d'essai dans la partie froide du tube en quartz, à l'avant du four. Fixer l'embout du tube en quartz.

Ajuster le débit d'air pour correspondre au scénario feu choisi.

Placer la nacelle au centre du four et déclencher le chronomètre ( $t_0$ ).

L'essai doit être terminé au bout de  $30\text{ min} \pm 30\text{ s}$  ( $t_0 + 30\text{ min}$ ). Retirer les cibles de la chambre de collecte pour traitement et mesures ultérieurs.

Il faut veiller à ne pas perturber l'accumulation des effluents du feu et des particules sur la cible au cours des manipulations. Les surfaces de cible d'essai ne doivent jamais être touchées.

## 6.2 Méthode A – Mesure du courant de fuite

### 6.2.1 Préparation des éprouvettes et des cibles pour courant de fuite

Trois éprouvettes, chacune d'un poids de  $1\text{ g} \pm 0,05\text{ g}$  doivent être préparées.

NOTE L'éprouvette est constituée d'un gramme 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.

Neuf cibles, trois pour chaque essai doivent être nettoyées comme décrit en 6.2.2.

### 6.2.2 Nettoyage des cibles pour courant de fuite

Pour chaque essai, trois cibles pour courant de fuite doivent être nettoyées par ultrasons dans une solution de 75 % d'alcool isopropylique et de 25 % d'eau distillée pendant au moins 5 min puis elles doivent subir un rinçage par ultrasons dans de l'eau distillée pendant au moins 5 min. Les cibles doivent être séchées avec un jet d'azote. Deux cibles doivent être immédiatement placées au centre du plancher de la chambre de collecte comme indiqué à la Figure 10 et la troisième (cible de référence) doit être placée dans un dessiccateur.

NOTE Il est important que les surfaces de la cible ne soient pas touchées au cours du nettoyage, du séchage, du rinçage ou de la manipulation. Il est recommandé que l'alcool isopropylique et l'eau distillée des bains d'ultrasons soient remplacés comme prescrit.

### 6.1.3 Test specimen conditioning

Test specimens shall be conditioned for a minimum of 24 h at  $23^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  and  $50\% \pm 5\%$  relative humidity.

### 6.1.4 Combustion procedure

A  $1\text{ g} \pm 0,05\text{ g}$  test specimen shall be placed in a clean combustion boat. The following masses shall be recorded:

- a) test specimen;
- b) combustion boat; and
- c) combustion boat plus test specimen.

When ready to test, position the test specimen in the cool portion of the quartz furnace tube, forward of the tube furnace. Attach the quartz furnace tube end-cap.

Adjust the airflow to match the selected fire scenario.

Position the combustion boat in the centre of the tube furnace and start the timer ( $t_0$ ).

The test shall be terminated after  $30\text{ min} \pm 30\text{ s}$  ( $t_0 + 30\text{ min}$ ). Remove the targets from the collection chamber for subsequent treatment and measurement.

Care must be exercised not to disturb the accumulation of fire effluent and particles on the target during handling. Test target surfaces shall not be touched at any time.

## 6.2 Method A – Leakage-current measurement

### 6.2.1 Preparation of test specimens and leakage-current targets

Three test specimens, each weighing  $1\text{ g} \pm 0,05\text{ g}$  shall be prepared.

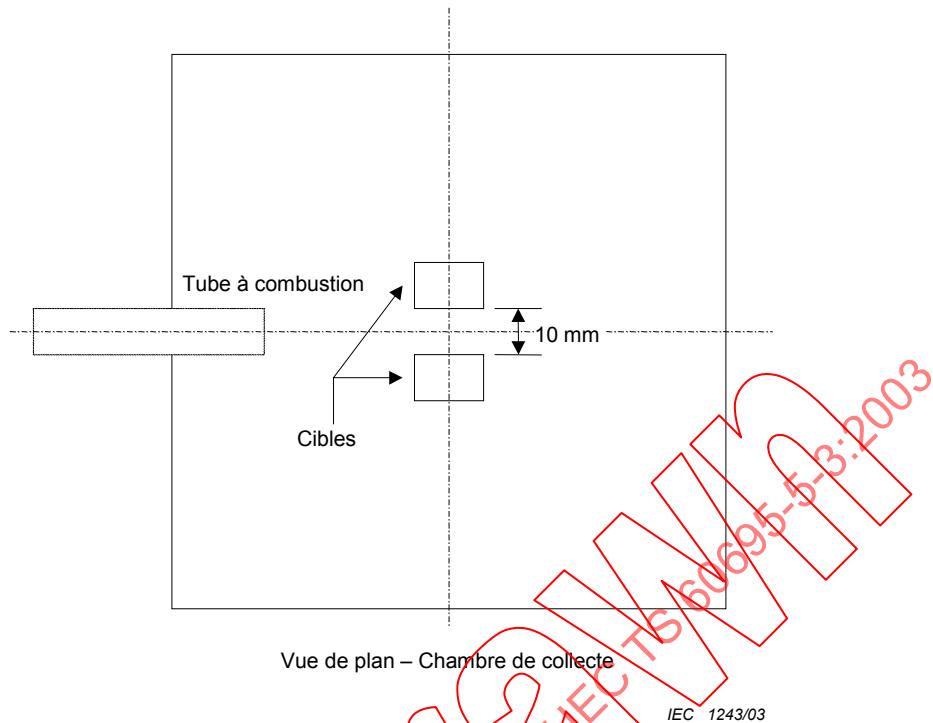
NOTE The test specimen is 1 g of material taken from a larger batch of raw material, or from a discrete product, or from a part of a product or from a component of a product.

Nine targets, three for each test shall be cleaned as described in 6.2.2.

### 6.2.2 Cleaning of the leakage-current targets

For each test, three leakage-current targets shall be ultrasonically cleaned in a solution consisting of 75 % isopropyl alcohol and 25 % distilled water for a minimum of 5 min followed by ultrasonic rinsing in distilled water for a minimum of 5 min. The targets shall be dried with a jet of nitrogen gas. Two targets shall be immediately placed in the centre of the bottom of the collection chamber as shown in Figure 10, and the third one (reference target) shall be placed in a dessicator.

NOTE It is important that the surfaces of the target not be touched during cleaning, drying, rinsing or handling. Isopropyl alcohol and distilled water in the ultrasonic baths should be replaced as required.



**Figure 10 – Emplacement de la cible dans la chambre de collecte**

### 6.2.3 Vérification de l'équipement de mesure du courant de fuite

L'alimentation, l'appareil de mesure du courant, le système de commutation et le câblage d'interconnexion doivent être vérifiés chaque jour avant de mesurer le courant de fuite au moyen d'une charge de résistance étalonnée.

### 6.2.4 Mesure du courant de fuite

Après leur retrait de la chambre de collecte, les deux cibles pour courant de fuite doivent être placées dans un dessiccateur. Ces cibles et la cible de référence doivent être stockées dans un dessiccateur pendant au moins 24 h puis être retirées et placées dans la chambre de mesure du courant de fuite.

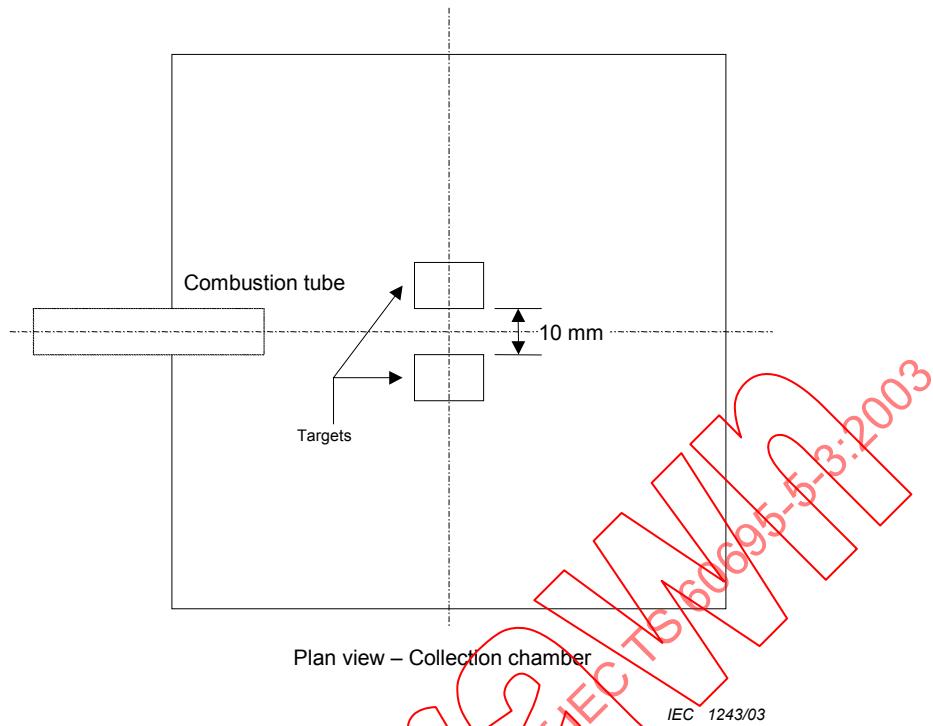
Mettre la cible sous tension avec un courant continu de 50 V. Augmenter le pourcentage d'humidité relative à l'intérieur de la chambre de mesure du courant de fuite de 30 % à 90 % par paliers de 10 % en laissant l'environnement se stabiliser à chaque palier de 10 % d'humidité relative pendant au moins 5 min. Enregistrer le courant de fuite de chaque cible à chaque palier.

Répéter l'essai sur les deux éprouvettes restantes, en utilisant à chaque fois de nouvelles cibles pour courant de fuite.

### 6.2.5 Données consignées

Le rapport d'essai doit comprendre les informations suivantes:

- un tableau avec les données du courant de fuite par rapport à l'humidité relative en pourcentage pour les six cibles exposées aux effluents du feu et les trois cibles de référence;
- l'écart moyen et l'écart type des valeurs  $\log_{10}$  des courants de fuite mesurés ( $\log_{10}[I/A]$ ) par rapport au pourcentage d'humidité relative pour les six cibles exposées aux effluents du feu;



**Figure 10 – Location of target in the collection chamber**

### 6.2.3 Verification of the leakage-current measuring equipment

The power supply, current meter, switching system and interconnect wiring shall be verified each day prior to measuring leakage current using a calibrated resistance load.

### 6.2.4 Leakage-current measurement

After removal of the two leakage-current targets from the collection chamber they shall be placed in a dessicator. These targets and the reference target shall be stored in the dessicator for a minimum of 24 h after which they shall be removed and placed in the leakage-current measurement chamber.

Energize the target with 50 V d.c. Increase the percentage of relative humidity within the leakage-current measurement chamber from 30 % to 90 % in 10 % increments allowing the environment to stabilize at each 10 % step increase in relative humidity for a minimum of 5 min. Record the leakage current of each target at each step.

Repeat the test on the two remaining test specimens, using new leakage-current targets each time.

### 6.2.5 Reported data

The test report shall include the following information:

- a table of the leakage-current data versus per cent relative humidity for the six targets exposed to fire effluent and the three reference targets;
- the average and standard deviation of the  $\log_{10}$  values of the measured leakage currents, ( $\log_{10}[I/A]$ ), versus per cent relative humidity for the six targets exposed to fire effluent;

- c) l'écart moyen et l'écart type des valeurs  $\log_{10}$  des courants de fuite mesurés ( $\log_{10}[I_{\text{ref}}/A]$ ) par rapport au pourcentage d'humidité relative pour les trois cibles de référence; et
- d) un graphique de  $\log_{10}[(I' - I'_{\text{ref}})/A]$  par rapport à l'humidité relative où  $I'$  est la moyenne géométrique des courants de fuite mesurés pour les six cibles exposées aux effluents du feu, et  $I'_{\text{ref}}$  est la moyenne géométrique des courants de fuite mesurés pour les trois cibles de référence.

Un graphique type de  $\log_{10}[(I' - I'_{\text{ref}})/A]$  par rapport à l'humidité relative est représenté à l'Annexe A.

### **6.3 Méthode B – Mesure de la perte de métal en utilisant des cibles en feuille métallique**

#### **6.3.1 Procédure initiale**

Pour un type donné de cible en feuille, trois essais doivent être réalisés. Neuf cibles, trois pour chaque essai, doivent être utilisées.

Les cibles en feuille métallique doivent être nettoyées par ultrasons dans de l'alcool éthylique pendant 10 min. Après leur retrait du bain d'alcool, vaporiser les cibles en feuilles avec de l'alcool éthylique frais et les sécher dans un courant d'air chaud. Pour éliminer tous les produits de corrosion qui pourraient être présents, immerger les cibles en feuilles dans un deuxième bain pendant 15 min dans une solution de nettoyage conforme au Tableau 2 et maintenue à  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Après leur retrait du deuxième bain, rincer les cibles avec de l'eau distillée et les sécher dans un four à  $70^{\circ}\text{C}$  pendant au moins 1 h.

**Tableau 2 – Solutions de nettoyage**

Cible	Solution de nettoyage
Fer	acide hydrochlorique à 10 % (v/v)
Acier	acide hydrochlorique à 10 % (v/v)
Cuivre	acide sulfurique à 5 % (v/v)
Aluminium	acide nitrique à 10 % (v/v)
Zinc	acide acétique à 10 % (v/v)

Déterminer la masse,  $m_1$ , de chaque cible au mg le plus proche, en utilisant une balance précise à 0,1 mg près. Placer la ou les cibles dans le support cible (voir la Figure 9) et placer ce support cible au centre de la chambre de collecte avec les encoches parallèles au tube en quartz. Réaliser l'essai comme décrit en 6.1.

#### **6.3.2 Evaluation du dommage de corrosion**

Après l'essai, retirer soigneusement tout produit de corrosion volatile sur la cible en la brossant sous l'eau courante en utilisant une brosse douce non métallique. Sécher chaque cible et déterminer sa masse  $m_2$  au mg le plus proche, en utilisant une balance avec une tolérance inférieure à 0,1 mg. Calculer la variation en masse  $\Delta m$ , en utilisant l'équation suivante:

$$\Delta m = m_2 - m_1$$

où  $m_1$  est la masse de la cible avant exposition et  $m_2$  la masse de la cible après exposition.

- c) the average and standard deviation of the  $\log_{10}$  values of the measured leakage currents, ( $\log_{10}[I_{\text{ref}}/A]$ ) versus per cent relative humidity for the three reference targets; and
- d) a graph of  $\log_{10}[(I' - I'_{\text{ref}})/A]$  versus per cent relative humidity where  $I'$  is the geometric mean of the measured leakage currents for the six targets exposed to fire effluent, and  $I'_{\text{ref}}$  is the geometric mean of the measured leakage currents for the three reference targets.

A typical graph of  $\log_{10}[(I' - I'_{\text{ref}})/A]$  versus relative humidity is shown in Annex A.

### 6.3 Method B – Metal-loss measurement using metal-foil targets

#### 6.3.1 Initial procedure

For a given type of foil target three tests shall be carried out. Nine targets, three for each test, shall be used.

The metal-foil targets shall be ultrasonically cleaned in pure ethyl alcohol for 10 min. After removal from the alcohol bath, spray the foil targets with fresh ethyl alcohol and dry them in a current of hot air. To remove any corrosion products that might be present, immerse the foil targets in a second bath for 15 min in a cleaning solution conforming to Table 2 and maintained at  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . After removal from the second bath, rinse the foil targets with distilled water and dry them in an oven at  $70^{\circ}\text{C}$  for a minimum of 1 h.

**Table 2 – Cleaning solutions**

Target	Cleaning solution
Iron	10 % (v/v) hydrochloric acid
Steel	10 % (w/v) hydrochloric acid
Copper	5 % (v/v) sulphuric acid
Aluminium	10 % (v/v) nitric acid
Zinc	10 % (v/v) acetic acid

Determine the mass,  $m_1$ , of each target to the nearest mg, using a balance accurate to 0,1 mg. Place the target(s) in the target holder (see Figure 9) and position the target holder in the centre of the collection chamber with the slots parallel to the quartz furnace tube. Carry out the test as described in 6.1.

#### 6.3.2 Assessment of corrosion damage

Following the test remove any loose corrosion products on the target carefully by brushing under flowing water using a soft, non-metal brush. Dry each target and determine its mass  $m_2$  to the nearest mg, using a balance with a tolerance of not more than 0,1 mg. Calculate the change in mass  $\Delta m$ , using the following equation:

$$\Delta m = m_2 - m_1$$

where  $m_1$  is the mass of the target before exposure, and  $m_2$  is the mass of the target after exposure.

### 6.3.3 Données consignées

Le rapport d'essai doit comprendre les informations suivantes:

- la nature de la cible métallique;
- la zone exposée de la cible,  $A$ , en  $\text{m}^2$ ;
- la variation de masse,  $\Delta m$ , en g;
- la densité,  $\rho$ , du métal de la cible, en  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;
- la durée d'exposition,  $t$ , en h;
- les conditions après exposition, le cas échéant;
- une piqûre ou une évaluation de la rugosité de surface (qualitative).

Noter que dans certains cas de corrosion, l'exposition conduira à une oxydation accélérée, auquel cas  $\Delta m$  sera positive, ce qui indique un gain de masse. Sinon  $\Delta m$  sera négative, ce qui indique une perte de masse due à la corrosion.

Si nécessaire, calculer et consigner les valeurs des paramètres concernés comme indiqué au Tableau 3.

**Tableau 3 – Paramètres qui peuvent être utilisés pour caractériser une attaque corrosive**

Paramètre	Symbol	Unité	Formule
Perte de métal par unité de surface	$m_a$	$\text{g}. \text{m}^{-2}$	$-\Delta m/A$
Epaisseur moyenne de réduction	$-\Delta d$	mm	$-\Delta m/(A.\rho)$
Rythme de perte de masse par unité de surface	$v$	$\text{g}. \text{m}^{-2}. \text{h}^{-1}$	$-\Delta m/(A.t)$

## 6.4 Méthode C – Mesure de perte de métal en utilisant les cibles à résistance de PWB résistance d'épaisseur de métal défini

### 6.4.1 Procédure initiale

Pour un type donné de cible, trois essais doivent être réalisés. Une cible est utilisée pour chaque essai.

Enregistrer la résistance initiale de la cible de corrosion,  $R_0$ . Placer la cible de corrosion au centre de la chambre de collecte et réaliser l'essai comme cela est décrit en 6.1. A la fin de l'essai, retirer la cible de la chambre de collecte et enregistrer la résistance électrique,  $R$ . Dans les 10 min suivant le retrait de la chambre de collecte, placer la cible dans une chambre environnementale maintenue à  $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  et  $75\% \pm 5\%$  d'humidité relative pendant 24 h. Après 24 h dans la chambre environnementale, retirer la cible et enregistrer la résistance électrique,  $R_{24}$ .

NOTE Aucun conditionnement n'est prescrit pour ce type de cible.

### 6.4.2 Validité des résultats d'essai

Ecartez les données d'essai si l'un des cas suivants est vérifié:

- il y a une corrosion fortement localisée sur la cible, ou
- il existe une dégradation visuelle du circuit de référence causée par l'attaque des produits de combustion sur ou sous le revêtement protecteur.