

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 249-1

Première édition — First edition

1968

Matériaux de base à recouvrement métallique pour circuits imprimés

Première partie: Méthodes d'essai

Metal-clad base materials for printed circuits

Part 1: Test methods



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60249-1:1968

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 249-1

Première édition — First edition

1968

Matériaux de base à recouvrement métallique pour circuits imprimés

Première partie: Méthodes d'essai

Metal-clad base materials for printed circuits

Part 1: Test methods



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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Article	
Objet	6
1. Conditions générales	6
1.1 Conditions atmosphériques normales d'essai	6
1.2 Nombre et dimensions des éprouvettes d'essai	6
1.3 Préparation des éprouvettes de matériaux de base à recouvrement métallique	6
2. Essais électriques	10
2.1 Résistance de la feuille	12
2.2 Résistance de surface après l'essai continu de chaleur humide	14
2.3 Résistivité en volume après l'essai continu de chaleur humide	16
2.4 Corrosion de surface	16
2.5 Corrosion du bord	18
2.6 Indice comparatif de cheminement	22
2.7 Constante diélectrique en volume et angle de perte de volume après l'essai continu de chaleur humide	22
2.8 Résistance d'isolement – généralités	24
2.9 Propriétés d'isolation à température élevée	24
3. Essais non électriques	24
3.1 Courbure	24
3.2 Courbure après essai de chaleur	26
3.3 Vrillage	26
3.4 Vrillage après essai de chaleur	26
3.5 Force d'arrachement	28
3.6 Force d'adhérence	28
3.7 Cloquage après choc thermique	34
3.8 Poinçonnage	36
3.9 Etat de surface	36
3.10 Soudabilité	36
4. Essais non électriques sur le matériau de base	36
4.1 Flexion	36
4.2 Fluage à haute température	38
4.3 Inflammabilité	38
4.4 Absorption d'eau	40
TABLEAU III: Taux de corrosion des feuilles de laiton	42
FIGURES	46

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
Scope	7
1. General requirements	7
1.1 Standard atmospheric conditions	7
1.2 Numbers and dimensions of test specimens	7
1.3 Preparation of test samples from metal-clad base materials	7
2. Electrical tests	11
2.1 Resistance of foil	13
2.2 Surface resistance after damp heat, steady state	15
2.3 Volume resistivity after damp heat, steady state	17
2.4 Surface corrosion	17
2.5 Corrosion at the edge	19
2.6 Comparative tracking index	23
2.7 Volume permittivity and volume loss tangent after damp heat, steady state	23
2.8 Insulation resistance – general	25
2.9 Properties of insulation at elevated temperature	25
3. Non-electrical tests	25
3.1 Bow	25
3.2 Bow after heating	27
3.3 Twist	27
3.4 Twist after heating	27
3.5 Pull-off strength	29
3.6 Peel strength	29
3.7 Blistering after heat shock	35
3.8 Punching	37
3.9 Surface finish	37
3.10 Solderability	37
4. Non-electrical tests on the base material	37
4.1 Flexural strength	37
4.2 Plastic yield at elevated temperature	39
4.3 Flammability	39
4.4 Water absorption	41
TABLE III: Degrees of corrosion of brass foils	43
FIGURES	46

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MATÉRIAUX DE BASE A RECOUVREMENT MÉTALLIQUE
POUR CIRCUITS IMPRIMÉS**

Première partie: Méthodes d'essai

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la CEI dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 52 de la CEI: Circuits imprimés, sur la base de travaux effectués par le Comité d'Etudes N° 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Des projets furent discutés lors des réunions tenues à Londres en 1961, à Eindhoven en 1962 et à Aix-les-Bains en 1964. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1965. Les commentaires reçus furent discutés lors de la réunion tenue à Tokyo en 1965 et des modifications soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en juillet 1966.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de cette première partie:

Afrique du Sud	Japon
Allemagne	Pays-Bas
Australie	Roumanie
Belgique	Royaume-Uni
Corée (République de)	Suède
Danemark	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
France	Turquie
Israël	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Italie	Yougoslavie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METAL-CLAD BASE MATERIALS FOR PRINTED CIRCUITS

Part 1: Test methods

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 52, Printed Circuits, on the basis of previous work carried out by IEC Technical Committee No. 15, Insulating Materials.

Drafts were discussed at the meetings held in London in 1961, in Eindhoven in 1962 and in Aix-les-Bains in 1964. As a result of this latter meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1965. Comments received were discussed at the meeting held in Tokyo in 1965 and amendments submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in July 1966.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Part 1:

Australia	Netherlands
Belgium	Romania
Czechoslovakia	South Africa
Denmark	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Israel	Union of Soviet Socialist Republics
Italy	United Kingdom
Japan	United States of America
Korea (Republic of)	Yugoslavia

MATÉRIAUX DE BASE A RECOUVREMENT MÉTALLIQUE POUR CIRCUITS IMPRIMÉS

Première partie: Méthodes d'essai

Objet

Cette recommandation décrit les méthodes d'essais des propriétés électriques, mécaniques et autres des matériaux de base à recouvrement métallique en plaques pour utilisation dans le domaine des circuits imprimés, indépendamment de la nature du matériau isolant de base.

Les méthodes données ci-après pour la préparation des échantillons et éprouvettes d'essai ne sont complètes que pour les matériaux recouverts de cuivre. Elles pourront être étendues ultérieurement aux matériaux recouverts d'autres métaux.

Note. — Les méthodes d'essai sont destinées aux essais de type. Les résultats ne doivent pas être considérés comme données techniques.

1. Conditions générales

1.1 Conditions atmosphériques normales d'essai

1.1.1 Préconditionnement

Sauf spécification contraire figurant dans cette recommandation, chaque éprouvette sera, avant essai et/ou avant que les mesures ne soient effectuées, préconditionnée dans les conditions atmosphériques normales d'essai décrites dans la Publication 68-1 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique applicables aux matériels électroniques et à leurs composants, Première partie: Généralités, paragraphe 4.3, pendant un temps suffisamment long pour permettre à l'éprouvette d'atteindre un équilibre thermique.

1.1.2 Essais

Sauf spécification contraire, tous les essais doivent être menés dans les conditions atmosphériques normales d'essais décrites dans la Publication 68 de la CEI.

Si cela est nécessaire, la température ambiante et l'humidité relative ambiante auxquelles se fait l'essai ou la mesure seront notées dans le rapport.

En cas de différend entre client et fournisseur sur les résultats des essais, les essais seront effectués dans les «conditions de référence» mentionnées dans la Publication 68-1 de la CEI, paragraphe 4.2.

1.2 Nombre et dimensions des éprouvettes d'essais

Voir le tableau I, page 8.

1.3 Préparation des éprouvettes de matériaux de base à recouvrement métallique

1.3.1 Préparation des éprouvettes gravées de stratifiés plaqués cuivre

1.3.1.1 Lavage et impression des éprouvettes destinées à être gravées

Pour obtenir un dessin d'essai, la face cuivrée du morceau de la plaque à essayer sera d'abord nettoyée avec de l'eau, une poudre abrasive, par exemple de pierre ponce (voir note) et, au besoin, du phosphate trisodique, jusqu'à ce que l'eau recouvre d'une mince couche continue toute la face de l'éprouvette.

Le dessin sera imprimé sur la face cuivrée par photogravure ou toute autre méthode donnant la précision spécifiée.

METAL-CLAD BASE MATERIALS FOR PRINTED CIRCUITS

Part 1: Test methods

Scope

This Recommendation describes methods of testing electrical, mechanical and other properties of metal-clad base materials in sheet form for application in the field of printed circuits irrespective of the nature of the insulating base material.

The methods given herein, for the preparation of test samples and specimens, are complete for copper-clad materials only. They may be expanded in the future to cover materials clad with other metals.

Note. — The test methods are intended for qualification or type tests only. The results should not be regarded as providing engineering data.

1. General requirements

1.1 Standard atmospheric conditions

1.1.1 Pre-conditioning

Unless otherwise specified herein, each test specimen shall, before test and/or before measurements are made, be preconditioned in the standard atmospheric conditions for testing specified in IEC Publication 68-1, Basic Environmental Testing Procedures for Electronic Components and Electronic Equipment, Part 1, General, Sub-clause 4.3, for a time sufficient to allow the entire specimen to reach temperature equilibrium.

1.1.2 Testing

Unless otherwise specified herein, all tests shall be carried out in the standard atmospheric conditions for testing specified in IEC Publication 68.

If required, the ambient temperature and the ambient relative humidity at which the test or measurement is made shall be stated in the report.

In cases of dispute between purchaser and vendor about results, the tests shall be carried out in one of the "referee conditions" specified in IEC Publication 68-1, Sub-clause 4.2.

1.2 Numbers and dimensions of test specimens

See Table I, page 9.

1.3 Preparation of test samples from metal-clad base materials

1.3.1 Preparation of etched test samples from copper-clad base materials

1.3.1.1 Washing and printing to form test patterns

If a test pattern is to be formed, the copper face of a piece of the sheet under test shall first be washed with water, an abrasive powder, e.g. pumice (see Note) and, if necessary, trisodium phosphate, until water will remain in an unbroken film covering the whole face.

The pattern shall be printed on the copper face by means of a photo-engraving or other technique that gives the specified accuracy.

TABLEAU I

Nombre et dimensions des éprouvettes d'essai

Para- graphe	Méthode d'essai	Nombre d'éprouvettes à essayer	Dimensions des éprouvettes
2.1	Résistance de la feuille	4	25 ± 0,2 mm × 330 mm (0,98 ± 0,008 in × 13 in)
2.2	Résistance de surface	4	100 × 100 mm (4 × 4 in) Figure 1
2.3	Résistivité en volume		
2.4	Corrosion de surface	4	Voir paragraphes 2.2/2.3 Figure 1
2.5	Corrosion de bord	4	Longueur env. 24 mm (0,94 in) Largeur: suivant appareillage
2.7	Constante diélectrique en volume	4	Suivant méthode utilisée
	Angle de perte de volume		
2.8	Résistance d'isolement	4	Longueur au moins 75 mm (3 in) Largeur au moins 50 mm (2 in) Figure 5
3.1	Courbure	1	Planche à essayer
3.3	Vrillage	1	Planche à essayer
3.5	Force d'arrachement	10 pastilles	Toute dimension convenable
3.6	Force d'adhérence après:		
3.6.2	a) choc thermique	Au moins 1 (4 bandes)	75 ± 1 mm × 50 ± 1 mm (2,95 ± 0,04 in × 1,97 ± 0,04 in) Figure 7
3.6.3	b) chaleur sèche	Au moins 1 (4 bandes)	
3.6.4	c) exposition aux vapeurs de solvant	Au moins 1 (4 bandes)	
3.6.5	d) exposition aux conditions simulées de revêtement électrolytique	Au moins 1 (4 bandes)	
3.7	Cloquage après choc thermique	1	100 × 100 mm (4 × 4 in) Figure 1
4.1	Flexion	5 dans chacune des deux directions	Longueur: au moins 20 × épaisseur du matériau de base Largeur: 10 ± 0,5 mm (0,394 ± 0,02 in) ou 25 ± 0,5 mm (0,984 ± 0,02 in) selon l'épaisseur
4.3	Inflammabilité	4	125 ± 5 mm × 13 ± 1 mm (4,92 ± 0,2 in × 0,51 ± 0,04 in)
4.4	Absorption d'eau	3	50 ± 1 mm × 50 ± 1 mm (1,97 ± 0,04 in × 1,97 ± 0,04 in)

1.3.1.2 Méthode de gravure

La gravure, qu'elle soit faite dans le but de former des dessins d'essais ou de retirer complètement la feuille de cuivre, doit être effectuée par projection ou pulvérisation, ou par une méthode équivalente, avec une solution de chlorure ferrique de poids spécifique 1,32 à 1,41 (35° Baumé à 42° Baumé). La température de la solution ne devra pas excéder 37 °C (100 °F).

Si l'on crée un dessin d'essai, le temps de gravure doit être suffisant pour produire une image claire et distincte.

TABLE I

Numbers and dimensions of test specimens

Sub-clause	Test method	Number of specimens to be tested	Dimensions of test specimen
2.1	Resistance of foil	4	25 ± 0.2 mm × 330 mm (0.98 ± 0.008 in × 13 in)
2.2	Surface resistance	4	100 × 100 mm (4 × 4 in) Figure 1
2.3	Volume resistivity		
2.4	Surface corrosion		
2.5	Corrosion at the edge	4	Length appr. 24 mm (0.94 in) Width: to suit apparatus
2.7	Volume permittivity	4	To suit method used
	Volume loss tangent		
2.8	Insulation resistance	4	Length at least 75 mm (3 in) Width at least 50 mm (2 in) Figure 5
3.1	Bow	1	Sheet under test
3.3	Twist	1	Sheet under test
3.5	Pull-off strength	10 lands	Any convenient size
3.6	Peel strength after:		
3.6.2	a) heat shock	At least 1 (4 strips)	75 ± 1 mm × 50 ± 1 mm (2.95 ± 0.04 in × 1.97 ± 0.04 in) Figure 7
3.6.3	b) dry heat	At least 1 (4 strips)	
3.6.4	c) exposure to solvent vapour	At least 1 (4 strips)	
3.6.5	d) exposure to simulated plating conditions	At least 1 (4 strips)	
3.7	Blistering after heat shock	1	100 × 100 mm (4 × 4 in) Figure 1
4.1	Flexural strength	5 in each of two directions	Length: at least 20 × thickness of base material Width: 10 ± 0.5 mm (0.394 ± 0.02 in) or 25 ± 0.5 mm (0.984 ± 0.02 in) according to thickness
4.3	Flammability	4	125 ± 5 mm × 13 ± 1 mm (4.92 ± 0.2 in × 0.51 ± 0.04 in)
4.4	Water absorption	3	50 ± 1 mm × 50 ± 1 mm (1.97 ± 0.04 in × 1.97 ± 0.04 in)

1.3.1.2 *Method of etching*

Etching, whether for forming test patterns or for the complete removal of the foil, shall be carried out with a spray or by an equivalent method, with an aqueous solution of ferric chloride of specific gravity 1.32 to 1.41 (35° Baumé to 42° Baumé). The temperature of the solution shall not exceed 37 °C (100 °F).

If a test pattern is being formed, the etching time shall be sufficient to produce a clear and distinct image.

Le temps de gravure ne doit pas dépasser celui indiqué dans le tableau ci-dessous :

Poids de la feuille	305 g/m ² (1 oz/ft ²)	610 g/m ² (2 oz/ft ²)
Epaisseur de la feuille	35 µm (0,0014 in)	70 µm (0,0028 in)
Temps de gravure	7 min	15 min

Si des résidus de cuivre restent après la gravure, l'éprouvette ou la plaque ne sera pas utilisée pour l'essai.

1.3.1.3 *Nettoyage et séchage après gravure*

Aussitôt après sa gravure, l'éprouvette ou la plaque sera lavée à l'eau courante froide d'une résistivité non inférieure à 1 000 ohm × cm, pendant 15 min à 30 min ou pendant autant de temps qu'il sera nécessaire pour éliminer la contamination de surface.

Si un dessin d'essai a été gravé, le masque sera enlevé par tout moyen approprié (par exemple en frottant légèrement avec de l'eau et de la pierre ponce (voir note) au moyen d'un tampon de coton monté sur une surface rigide).

Il faut veiller à ne pas user la couche adhésive.

Ce nettoyage doit être poursuivi jusqu'à ce que l'eau recouvre d'une mince couche continue toute la face de l'éprouvette d'essai. Tout résidu de pierre ponce ou autre produit nettoyant doit être éliminé à l'eau courante.

L'éprouvette ou la plaque sera alors rincée trois fois pendant 2 min chaque fois dans des eaux différentes de résistivité non inférieure à 100 000 ohm × cm.

On fera s'écouler ensuite l'eau de la surface et l'éprouvette sera séchée pendant 4 h à 55 ± 2 °C en étuve. Tous les essais doivent être effectués à l'intérieur d'une période ne dépassant pas trois semaines de la sortie d'étuve. Pendant cette période, jusqu'au préconditionnement mentionné au paragraphe 1.1.1, les éprouvettes doivent être placées dans une enceinte convenable.

Note. — La pierre ponce de dénomination commerciale «GRADE 240» est satisfaisante.

1.3.2 *Préparation des éprouvettes d'essais de matériaux à recouvrement métallique autre que du cuivre*

Pas de recommandations.

2. **Essais électriques**

2.0.1 *Précautions à prendre pour certains essais électriques*

Pour certains essais électriques, il faut mettre les éprouvettes à l'abri de la contamination. Pendant ces essais, la manipulation des éprouvettes sera réduite au minimum, les éprouvettes étant tenues par les bords ou par les fils de connexion le cas échéant.

La manipulation doit être effectuée avec des gants de caoutchouc ou de polyéthylène.

L'utilisation de dispositifs de fixation possédant des contacts à ressort évite les fils de connexion, soudure et fluxage.

The etching time shall not exceed that shown in the following table:

Weight of foil	305 g/m ² (1 oz/ft ²)	610 g/m ² (2 oz/ft ²)
Thickness of foil	35 μm (0.0014 in)	70 μm (0.0028 in)
Etching time, max	7 min	15 min

If particles of copper remain after the etching, the specimen or sample shall not be used for testing.

1.3.1.3 *Cleaning and drying after etching*

Immediately after it is etched, the specimen or sample shall be washed in cold running water of resistivity not less than 1 000 ohm × cm for 15 min to 30 min or for such time as is necessary for removing surface contamination.

If a test pattern has been formed, the resist shall be removed by any suitable means (e.g. a light scrubbing with water and pumice (see Note) applied with a felt pad mounted on a firm surface).

Care shall be taken to minimize abrasion of the adhesive layer.

This cleaning process shall be continued until water will remain in an unbroken film covering the whole face of the test specimen. Any residue of pumice or other cleaning agent shall be washed off with running water.

The specimen or sample shall then be rinsed three times, for 2 min each time, in different lots of water of resistivity not less than 100 000 ohm × cm.

Surface water shall then be removed from it and it shall be dried for 4 h at 55 ± 2 °C in an oven. All tests shall start within three weeks of removal from the oven. During this time, until preconditioning according to Sub-clause 1.1.1 is started, the specimens shall be kept in a suitable container.

Note. — Pumice known commercially as of "GRADE 240" is satisfactory.

1.3.2 *Preparation of test sample and specimens from materials clad with metals other than copper*

No recommendations are made.

2. **Electrical tests**

2.0.1 *Precautions to be taken in certain electrical tests*

In certain electrical tests, it is necessary to guard against contamination of the test specimen. During these tests, handling of the specimens shall be kept to a minimum, the specimens being held by the edges or by the connecting wires as appropriate.

Rubber or polyethylene gloves shall be worn.

The use of fixtures with spring loaded contacts removes the need of connecting wires, solders and fluxes.

En soudant les fils de connexion il faudra veiller à éviter toute contamination de la surface du matériau de base isolant par le flux de la soudure. On utilisera un masque pour cette opération.

L'utilisation de solvants pour retirer les impuretés peut contribuer à répandre les impuretés sur la surface.

Les articles ci-dessous indiquent dans quels cas ces précautions doivent être prises.

2.1 *Résistance de la feuille*

2.1.1 *Eprouvette*

L'éprouvette sera une bande du matériau de base à recouvrement métallique de $25 \pm 0,2$ mm de large sur environ 330 mm de long ($0,98 \pm 0,008$ in \times 13 in), prélevée sur la plaque à essayer.

Quatre éprouvettes seront essayées.

2.1.2 *Méthode d'essai*

L'éprouvette sera placée sa surface plaquée en contact avec les lames ou les points de contact. Les lames toucheront la feuille sur toute sa largeur et seront perpendiculaires à l'axe longitudinal de l'éprouvette. La distance entre les contacts de courant sera de 300 mm (11,8 in); les contacts de potentiel seront distants de 150 ± 1 mm ($5,9 \pm 0,04$ in) et à la même distance des contacts de courant.

On mesurera la résistance de la feuille entre les contacts. Le courant sera maintenu suffisamment bas pour éviter un échauffement de l'éprouvette. Sa valeur maximale sera donnée en feuille particulière.

La température ambiante sera mesurée et la résistance mesurée sera corrigée à la valeur qu'elle aurait eue à 20 °C.

Pour du cuivre ayant une conductivité de 96%*, le facteur de correction est donné par la formule :

$$k = \frac{1}{1 + 0,00378 (t - 20)}$$

Les valeurs de k pour des températures comprises entre + 15 °C et + 35 °C sont données dans le tableau II.

TABLEAU II

Facteurs de correction

Température °C	Facteur de correction
15	1,019
16	1,015
17	1,011
18	1,008
19	1,004
20	1,000
21	0,996
22	0,992
23	0,989
24	0,985
25	0,981

Température °C	Facteur de correction
26	0,978
27	0,974
28	0,971
29	0,967
30	0,964
31	0,960
32	0,957
33	0,953
34	0,950
35	0,946

* Specification internationale pour le cuivre-type recuit (I.A.C.S.)

If connecting wires are being attached, care shall be taken to prevent any contamination of the surface of the insulating base material by solder flux. A mask should be used for this purpose.

The use of solvents for removing contaminants may result in spreading the contaminants over the whole surface.

The relevant clauses show where these precautions are needed.

2.1 *Resistance of foil*

2.1.1 *Test specimen*

The test specimen shall be a strip of clean metal-clad base material 25 ± 0.2 mm wide and approximately 330 mm long (0.98 ± 0.008 in \times 13 in), cut from the sheet under test.

Four specimens shall be tested.

2.1.2 *Procedure*

The test specimen shall be placed with its foil surface in touch with line or point contacts. Line contacts shall touch the foil across its whole width and shall be at right angles to the major axis of the test specimen. The distance between current contacts shall be 300 mm (11.8 in); the potential contacts shall be 150 ± 1 mm (5.9 ± 0.04 in) apart and at equal distance from the current contacts.

The resistance of the foil between the contacts shall be measured. The current shall be kept small enough to avoid heating the specimen appreciably; its maximum value shall be given on the specification sheets.

The ambient temperature shall be measured and the measured resistance corrected to 20 °C.

For copper of 96% conductivity* the correction factor is given by the formula:

$$k = \frac{1}{1 + 0.00378(t - 20)}$$

The values of k for temperatures between + 15 °C and + 35 °C are given in Table II.

TABLE II

Correction factors

Temperature °C	Correction factor	Temperature °C	Correction factor
15	1.019	26	0.978
16	1.015	27	0.974
17	1.011	28	0.971
18	1.008	29	0.967
19	1.004	30	0.964
20	1.000	31	0.960
21	0.996	32	0.957
22	0.992	33	0.953
23	0.989	34	0.950
24	0.985	35	0.946
25	0.981		

* International Annealed Copper Standard (I.A.C.S.)

2.1.3 *Rapport*

La résistance maximale ainsi mesurée sera notée comme étant la résistance de la feuille.

2.2 *Résistance de surface après l'essai continu de chaleur humide*

2.2.1 *Eprouvette*

L'éprouvette sera un morceau du matériau de base à recouvrement métallique prélevé sur la plaque à l'essai. Elle aura la forme d'un carré de 100 mm (4 in) de côté et, avant impression, devra avoir la même épaisseur que la plaque à essayer.

Elle sera imprimée sur un côté avec l'anneau et le disque dessinés sur la figure 1, page 46, selon la méthode du paragraphe 1.3. Si la plaque est recouverte de métal des deux côtés, le recouvrement métallique de l'envers de l'éprouvette sera complètement retiré par la méthode décrite au paragraphe 1.3, ou il sera laissé intact.

Les fils de connexion ou les contacts à ressort pourront alors être attachés à l'anneau et au disque.

Quatre éprouvettes seront essayées.

2.2.2 *Méthode d'essai*

S'il n'y a pas de feuille métallique sur l'envers de l'éprouvette, un système à trois électrodes comme décrit dans la Publication 93 de la CEI: Méthodes recommandées pour la mesure des résistivités transversales et superficielles d'un matériau isolant électrique, sera utilisé. On n'utilisera ni électrodes évaporées, ni électrodes métallisées par projection.

Lorsqu'il est nécessaire d'attacher les fils sur la peinture conductive d'argent, on peut utiliser par exemple un adhésif conducteur ayant caractéristique de durcissement à température ambiante.

L'électrode placée sur l'envers devra couvrir toute la surface.

Chaque éprouvette sera soumise à l'essai Ca: Essai continu de chaleur humide, (sévérité 4 jours) de la Publication 68-2-3 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique applicables aux matériels électroniques et à leurs composants, Deuxième partie: Essais – Essai C: Essai de longue durée de chaleur humide (à moins qu'il n'y ait une autre exigence dans les conditions d'essai), y compris la reprise.

La résistance entre l'anneau et le disque sera mesurée par la méthode indiquée ci-dessous, soit à la fin de la période de chaleur humide avant le retrait des éprouvettes de la chambre climatique, soit à la fin de la période de reprise. Les éprouvettes seront retirées des conditions de reprise et on mesurera la résistance entre l'anneau et le disque dans les 5 minutes qui suivront.

Le choix entre les deux méthodes doit faire l'objet d'une entente entre fabricant et acheteur.

La mesure de la résistance mentionnée ci-dessus sera effectuée selon la Publication 93 de la CEI, à 500 ± 50 V en courant continu, après électrification pendant 1 min. Les connexions électriques des éprouvettes seront branchées comme il est indiqué sur la figure 2, page 46. L'appareil utilisé pour mesurer la résistance sera tel que l'erreur de mesure sera inférieure à $\pm 50\%$.

Les précautions et conditions prévues au paragraphe 2.0.1 et dans la Publication 68 de la CEI seront observées.

2.2.3 *Rapport*

La valeur minimale des quatre résistances ainsi mesurées sera notée comme étant la résistance de surface après l'essai continu de chaleur humide de la plaque à l'essai.

Il sera noté si les mesures ont été effectuées à l'intérieur de la chambre ou après sortie de la chambre et reprise.

2.1.3 *Report*

The maximum resistance so measured shall be reported as the resistance of the foil.

2.2 *Surface resistance after damp heat, steady state*

2.2.1 *Test specimen*

The test specimen shall be a piece of metal-clad base material cut from the sheet under test. It shall be a square of 100 mm (4 in) side and, before it is printed, it shall be of the thickness of the sheet.

It shall be printed on one side with the ring and disk pattern of Figure 1, page 46, by the appropriate method of Sub-clause 1.3. If the sheet is clad with metal on both sides, the metal on the other side of the specimen shall either be completely removed by the appropriate method of Sub-clause 1.3, or shall be left intact.

Connecting wires or spring loaded contacts may then be attached to the ring and the disk.

Four specimens shall be tested.

2.2.2 *Procedure*

If there is no metal foil on the reverse face of the specimen, a three-electrode system in accordance with IEC Publication 93, Recommended Methods of Test for Volume and Surface Resistivities of Electrical Insulating Materials, shall be used. Neither evaporated nor sputtered metal electrodes shall be used.

When leads are to be attached to conductive silver paint, this may, for instance, be accomplished by the use of conductive adhesive having room temperature cure characteristics.

The electrode on the reverse face shall cover the whole of that face.

The specimen shall then be subjected to Test Ca, Damp Heat, Steady State, (severity 4 days), of IEC Publication 68-2-3, Basic Environmental Testing Procedures for Electronic Components and Electronic Equipment, Part 2, Tests – Test C: Damp Heat (Long Term Exposure) (unless otherwise stated in the requirements), including recovery.

The resistance between the ring and the disk shall be measured by the method indicated below, either at the end of the damp heat period before removal of the specimen from the humidity chamber, or at the end of the recovery period. The specimen shall be removed from the recovery conditions and the resistance between ring and disk shall be measured within 5 minutes.

The choice between the two alternatives is subject to agreement between manufacturer and purchaser.

The above-mentioned resistance measurements shall be made in accordance with IEC Publication 93 at 500 ± 50 V d.c. after electrification for 1 min. The electrical connections to the test specimen shall be made as shown in Figure 2, page 46. The apparatus used for measuring resistance shall be such that the error of the measurement is less than $\pm 50\%$.

The relevant precautions and requirements of Sub-clause 2.0.1 and of IEC Publication 68 shall be observed.

2.2.3 *Report*

The minimum value of the four resistances so measured shall be reported as the surface resistance after damp heat, steady state, of the sheet under test.

It shall be stated whether the measurements have been carried out within the chamber or after removal and recovery.

2.3 *Résistivité transversale après l'essai continu de chaleur humide*

2.3.1 Les éprouvettes et la procédure décrites aux paragraphes 2.2.1 et 2.2.2 seront utilisées pour mesurer la résistance transversale. Les connexions électriques seront exécutées comme l'indique la figure 3, page 47.

2.3.2 *Rapport*

La valeur minimale des quatre résistances ainsi mesurée sera convertie en résistivité transversale suivant la Publication 93 de la CEI et notée comme étant la résistivité transversale après l'essai continu de chaleur humide de la plaque à l'essai.

Il sera noté si les mesures ont été effectuées à l'intérieur de la chambre ou après sortie de la chambre et reprise.

2.4 *Corrosion de surface*

2.4.1 *Eprouvette*

L'éprouvette sera un morceau du matériau de base à recouvrement métallique découpé dans la plaque à l'essai. Elle aura la forme d'un carré de 100 mm (4 in) de côté et, avant impression, devra avoir la même épaisseur que la plaque à essayer.

Elle sera imprimée sur un côté avec l'anneau et le disque dessinés à la figure 1, selon la méthode du paragraphe 1.3. Si la plaque est recouverte de métal des deux côtés, le recouvrement métallique de l'envers de l'éprouvette sera complètement retiré selon la méthode décrite au paragraphe 1.3, ou il sera laissé intact.

Les fils de connexion seront attachés à l'anneau et au disque.

On essaiera quatre éprouvettes.

2.4.2 *Méthode d'essai*

S'il n'y a pas de feuille métallique sur l'envers de l'éprouvette, un système à trois électrodes comme décrit dans la Publication 93 de la CEI sera alors utilisé (voir figure 2, page 46). On n'utilisera ni électrodes évaporées, ni électrodes métallisées par projection.

Lorsqu'il est nécessaire d'attacher les fils sur la peinture conductive d'argent, on peut utiliser par exemple un adhésif conducteur ayant caractéristique de durcissement à température ambiante.

L'électrode placée sur l'envers devra couvrir toute la surface.

Chaque éprouvette sera soumise à l'essai Ca (sévérité 21 jours) de la Publication 68 de la CEI, y compris la reprise.

Pendant toute la période où l'éprouvette se trouve dans les conditions de chaleur humide, une différence de potentiel de 100 ± 5 V continu sera appliquée entre l'anneau et le disque à travers une résistance telle que le courant ne puisse pas excéder 1 mA.

La résistance entre l'anneau et le disque sera mesurée par la méthode indiquée ci-dessous, soit à la fin de la période de chaleur humide avant le retrait des éprouvettes de la chambre climatique, soit à la fin de la période de reprise. Les éprouvettes seront retirées des conditions de reprise et on mesurera la résistance entre l'anneau et le disque dans les 5 minutes qui suivront.

Le choix entre les deux méthodes doit faire l'objet d'une entente entre fabricant et acheteur.

La mesure de la résistance mentionnée ci-dessus sera faite selon la Publication 93 de la CEI, à 500 ± 50 V en courant continu, après électrification pendant 1 min. L'appareil utilisé pour mesurer la résistance sera tel que l'erreur de mesure sera inférieure à $\pm 50\%$.

L'éprouvette sera examinée afin de connaître les produits de corrosion.

Les précautions et conditions prévues au paragraphe 2.0.1 et dans la Publication 68 de la CEI seront observées.

2.3 *Volume resistivity after damp heat, steady state*

2.3.1 The specimen and the procedure described in Sub-clauses 2.2.1 and 2.2.2 shall be used to measure volume resistance. Electrical connections shall be made as shown in Figure 3, page 47.

2.3.2 *Report*

The minimum value of the four resistances so measured shall be converted to volume resistivity according to IEC Publication 93 and reported as the volume resistivity after damp heat, steady state, of the sample under test.

It shall be stated whether the measurements have been carried out within the chamber or after removal and recovery.

2.4 *Surface corrosion*

2.4.1 *Test specimen*

The test specimen shall be a piece of metal-clad base material cut from the sheet under test. It shall be a square of 100 mm (4 in) side and, before it is printed, it shall be of the thickness of the sheet under test.

It shall be printed on one side with the ring and disk pattern of Figure 1 by the appropriate method of Sub-clause 1.3. If the sheet is clad with metal on both sides, the metal on the other side of the specimen shall be completely removed by the appropriate method of Sub-Clause 1.3 or shall be left intact.

Connecting wires shall be attached to the ring and the disk.

Four specimens shall be tested.

2.4.2 *Procedure*

If there is no metal foil on the reverse face of the specimen, a three-electrode system in accordance with IEC Publication 93 shall then be completed (see Figure 2, page 46). Neither evaporated nor sputtered metal electrodes shall be used.

When leads are to be attached to conductive silver paint, this may, for instance, be accomplished by the use of conductive adhesive having room temperature cure characteristics.

The electrode on the reverse face shall cover the whole of that face.

The specimen shall then be subjected to Test Ca (severity 21 days), of IEC Publication 68, including recovery.

During the whole period that the specimen is in the damp heat conditions, a potential difference of 100 ± 5 V d.c. shall be applied between the ring and the disk through a resistor such that the current cannot exceed 1 mA.

The resistance between the ring and the disk shall be measured, by the method indicated below, either at the end of the damp heat period before removal of the specimen from the humidity chamber, or at the end of the recovery period. The specimen shall be removed from the recovery conditions and the resistance between ring and disk shall be measured within 5 minutes.

The choice between the two alternatives is subject to agreement between manufacturer and purchaser.

The above-mentioned resistance measurements shall be made in accordance with IEC Publication 93 at 500 ± 50 V d.c. after electrification for 1 min. The apparatus used for measuring resistance shall be such that the error of the measurement is less than $\pm 50\%$.

The specimen shall be inspected for corrosion products.

The relevant precautions and requirements of Sub-clause 2.0.1 and of IEC Publication 68 shall be observed.

2.4.3 Rapport

Les quatre résistances ainsi mesurées seront notées, ainsi que les observations concernant les produits de corrosion.

Il sera noté si les mesures ont été effectuées à l'intérieur de la chambre ou après sortie de la chambre et reprise.

2.5 Corrosion du bord*

2.5.1 Eprouvettes

L'éprouvette sera un morceau de la plaque à l'essai, dont la feuille ou les feuilles métalliques auront été complètement retirées par la méthode décrite au paragraphe 1.3. Son épaisseur sera celle du matériau de base; si le matériau de base est plus épais que 4 mm (0,16 in), l'éprouvette sera usinée à l'épaisseur de 4 mm par une méthode sèche ne l'endommageant pas.

Dans ce cas, il est avantageux que différentes éprouvettes comprennent différentes couches du matériau de base. La longueur et la largeur de l'éprouvette seront choisies en fonction de l'appareillage d'essai (voir paragraphe 2.5.2). Un bord coupé de l'éprouvette sera choisi comme le «bord d'essai». Il sera usiné (par exemple par fraisage) plat, lisse et perpendiculaire aux faces.

Durant la préparation et la manipulation de l'éprouvette, on devra éviter toute contamination de «bord d'essai», par exemple par la sueur de la main.

On devra essayer au moins quatre éprouvettes à la fois.

2.5.2 Appareillage

On utilisera l'appareillage décrit ci-dessous, ou tout appareillage donnant le même résultat.

Dans cet appareillage (voir figure 4, page 47) un ressort appuiera l'éprouvette par le bord d'essai contre deux électrodes de largeur 10 ± 1 mm ($0,4 \pm 0,04$ in) et d'épaisseur $4 \pm 0,1$ mm ($0,16 \pm 0,004$ in). Deux électrodes à ressort appuieront à l'opposé contre le bord d'essai. Une feuille de laiton, comme spécifié au paragraphe 2.5.3, sera placée entre le bord d'essai et chaque électrode de telle manière qu'elle appuie uniformément contre toute la partie appropriée du bord d'essai.

La pression de la feuille de laiton contre le bord d'essai sera d'environ 10 N/cm^2 (15 lbf/in^2). L'appareillage sera construit en matériaux tels qu'ils n'affectent pas le résultat de l'essai.

2.5.3 Feuilles de laiton

Les feuilles seront en laiton de composition suivante:

Constituants:	Cu	Zn
%	62,0 à 65,0	Reste

Elles auront une épaisseur de 0,1 mm (0,004 in), une largeur de 10 mm (0,4 in) et une longueur convenant à l'appareillage. Elles seront lisses et sans bavure. Avant essai on devra les nettoyer comme suit:

Des bandes de 10 mm (0,4 in) de large et d'environ 200 mm (8 in) de long, seront dégraissées à l'essence, au tétrachlorure de carbone ou tout autre solvant, et elles seront ensuite trempées (d'abord pendant au moins 15 s) dans une solution décapante ayant une température de 15°C à 25°C , et la composition suivante:

Composition	Proportion en poids (%)
Acide sulfurique (d = 1,82 g/ml)	73
Acide nitrique (d = 1,33 g/ml)	26
Sel ordinaire	0,5
Noir de fumée**	0,5

* Une description générale de la méthode d'essai est à l'étude.

** Une spécification de ce matériau est à l'étude.

2.4.3 Report

The four resistances so measured shall be reported together with observations about corrosion products.

It shall be stated whether the measurements have been carried out within the chamber or after removal and recovery.

2.5 Corrosion at the edge*

2.5.1 Test specimens

The test specimen shall be a piece of the sheet under test from which the metal foil or foils have been completely removed by the appropriate method of Sub-clause 1.3. Its thickness shall be that of the base material, except that if the base material is thicker than 4 mm (0.16 in) the specimen shall be machined to the thickness of 4 mm (0.16 in) by a dry method that does not damage the specimen.

In this case, it is advantageous for different specimens to include different layers of the base material. The length and the width of the specimen shall be chosen to suit the test apparatus (see Sub-clause 2.5.2). A cut edge of the specimen shall be chosen as the "test edge". It shall be machined (e.g. by milling) flat, smooth and perpendicular to the adjoining surfaces.

During the preparation and handling of the specimen any contamination of the "test edge", e.g. through sweat from the hand, shall be avoided.

At least four specimens shall be tested at the same time.

2.5.2 Apparatus

The apparatus specified below, or one that gives the same result, shall be used.

In this apparatus (see Figure 4, page 47) a spring shall press the test specimen with the test edge against two electrodes of breadth 10 ± 1 mm (0.4 ± 0.04 in) and 4 ± 0.1 mm (0.16 ± 0.004 in) apart. Alternatively two spring electrodes shall press against the test edge. A brass foil as specified in Sub-clause 2.5.3 shall be placed between the test edge and each electrode in such a way that it is pressed uniformly against the whole of the appropriate part of the test edge.

The pressure of the brass foil against the test edge shall be about 10 N/cm^2 (15 lbf/in^2). The apparatus shall be constructed of such materials that the test result is not affected.

2.5.3 Brass foils

The foils shall consist of brass of the following composition:

Constituent: %	Cu	Zn
	62.0 to 65.0	Remainder

They shall be 0.1 mm (0.004 in) thick, 10 mm (0.4 in) wide and of length suitable for the apparatus. They shall be smooth and free from ridges. Before the test they shall be cleaned as follows:

Strips of width 10 mm (0.4 in) and of length about 200 mm (8 in) shall be degreased with petrol, carbon tetrachloride or other solvent and then dipped (initially for up to 15 s) in a pickling fluid that is at $15 \text{ }^\circ\text{C}$ to $25 \text{ }^\circ\text{C}$ and has the following composition:

Constituent	Proportion by weight (%)
Sulphuric acid (d = 1.82 g/ml)	73
Nitric acid (d = 1.33 g/ml)	26
Common salt	0.5
Carbon black**	0.5

* A general description of the test method is under consideration.

** A specification for this material is under consideration.

Il faudra bien laver les bandes à l'eau courante pour retirer toute trace de la solution décapante. Il faudra répéter les opérations de décapage et de lavage jusqu'à ce que la feuille de laiton représente une surface uniformément mate. Enfin, il faudra tremper les bandes dans l'alcool, les sécher avec du papier buvard et les découper en bandes de longueur convenable.

Après le décapage, ne pas toucher les feuilles de laiton avec les doigts.

2.5.4 *Source de courant continu*

Utiliser une source de courant continu de 100 ± 5 V, par exemple une batterie sèche. Si un redresseur est utilisé, la tension alternative résiduelle ne devra pas dépasser 1%. Une résistance sera placée dans le circuit pour limiter le courant à 1 mA.

2.5.5 *Loupe*

On utilisera une loupe d'un grossissement de 2,5.

2.5.6 *Méthode d'essai*

Les éprouvettes et les feuilles de laiton seront montées dans l'appareil décrit au paragraphe 2.5.2. On veillera à ce que les contacts entre l'appareil et les feuilles de laiton soient propres (exempts de produits de corrosion).

L'appareil dans lequel seront montées les éprouvettes et les feuilles de laiton sera soumis pendant 4 jours à l'essai Ca de chaleur humide de la Publication 68 de la C.E.I. Il faudra éviter le dépôt de rosée sur l'appareil, par exemple en chauffant l'appareil jusqu'à 42 °C ou 45 °C avant son introduction dans l'ambiance de chaleur humide. Pendant toute la durée de 4 jours, on appliquera une tension de 100 ± 5 V en courant continu entre les électrodes.

A la fin de cette période de 4 jours, on déconnectera la source de courant électrique, on retirera l'appareil de l'atmosphère de chaleur humide et on le laissera refroidir à la température ambiante. Les feuilles d'essai seront examinées sur les côtés qui ont été en contact avec les éprouvettes, comme suit:

- a) Feuille du pôle positif: présence de produits d'oxydation verts et/ou rouges (dézingage naissant) observables à la loupe.
- b) Feuille du pôle négatif: présence d'une teinte brune ou noire observable à l'œil nu. En cas de doute quant à la teinte noire, observer la feuille à la loupe.

2.5.7 *Evaluation des résultats*

On donnera à chacune des feuilles du pôle positif et du pôle négatif, des degrés de corrosion, comme l'indique le tableau III, page 42.

Si les résultats sont très différents, l'essai sera répété pour établir si l'essai a été effectué de manière inadéquate ou si les différences de résultats proviennent de la non homogénéité du matériau essayé.

2.5.8 *Rapport*

On notera comme résultat de l'essai le degré attribué à la feuille du pôle positif la plus corrodée et le degré attribué à la feuille du pôle négatif la plus corrodée (par exemple: «A2» indiquera le degré «A» pour la feuille du pôle positif, et le degré «2» pour la feuille du pôle négatif).

The residual pickling solution shall be washed off the strips with running water. This process of pickling and washing shall be repeated until the brass foil shows a uniformly mat surface. Finally, the strips shall be dipped in alcohol, dried with blotting paper and cut into strips of suitable length.

After the pickling, the brass foils shall not be touched with the fingers.

2.5.4 *Source of direct current*

A source of direct current at 100 ± 5 V shall be used, e.g. a dry battery. If a rectifier is used, the superimposed alternating voltage shall not exceed 1%. A resistor shall be included in the circuit so as to limit the current to 1 mA.

2.5.5 *Magnifying lens*

A magnifying lens with a magnification of 2.5 diameters shall be used.

2.5.6 *Procedure*

The test specimens shall be mounted in the apparatus described in Sub-clause 2.5.2 together with the brass foils. Care shall be taken that the contacts of the apparatus with the brass foils are clean (e.g. free from products of corrosion).

The apparatus with the mounted specimens and brass foils shall be subjected for 4 days to the damp heat atmosphere of Test Ca of IEC Publication 68. The deposition of dew on the apparatus shall be avoided by, for example, the warming of the apparatus to $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ before its introduction into the damp heat conditions. During the whole of the 4 days, a voltage of 100 ± 5 V d.c. shall be applied across the electrodes.

At the end of the 4 days, the source of electric current shall be disconnected, and the apparatus removed from the damp heat atmosphere and allowed to cool to room temperature. The test foils shall then be examined, on the sides that have been in contact with the test specimens, as follows:

- a) The positive pole foil: for the presence of green corrosion products and/or a red colour (incipient loss of zinc) observable with the magnifying lens.
- b) The negative pole foil: for the presence of a brown or black colour observable without the lens. If there is uncertainty about a black coloration, the foil shall, if necessary, be observed with the lens.

2.5.7 *Assessment of results*

Degrees shall be assigned to each of the positive pole and negative pole foils in accordance with Table HI, page 43.

If the results vary very widely, the test shall be repeated to establish whether the test has been carried out inadequately or the varied results are due to inhomogeneity of the material under test.

2.5.8 *Report*

The degree assigned to the worst corroded of the positive pole foils and the degree assigned to the worst corroded of the negative pole foils shall be reported as the test result (e.g. "A2" shall denote degree "A" for the positive pole foil and degree "2" for the negative pole foil).

2.6 *Indice comparatif de cheminement*

A l'étude.

2.7 *Constante diélectrique en volume et angle de perte de volume après l'essai continu de chaleur humide*

2.7.1 *Généralités*

Sauf en ce qui concerne ce qui est décrit ci-après, cet essai sera effectué selon la Publication 243 de la CEI: Méthodes d'essai recommandées pour la détermination de la rigidité diélectrique des matériaux isolants solides aux fréquences industrielles.

2.7.2 *Eprouvette*

L'éprouvette sera un morceau du matériau de base à recouvrement métallique et, avant d'être gravée, elle devra avoir la même épaisseur que ce matériau. Elle sera préparée selon l'une des méthodes suivantes:

a) on retirera complètement la feuille ou les feuilles métalliques;

ou

b) on imprimera sur un côté de l'éprouvette l'anneau et le disque dessinés à la figure 1, page 46, ou un dessin d'anneau et de disque de dimensions adéquates; si le matériau est recouvert de métal des deux côtés, le recouvrement métallique de l'envers de l'éprouvette devra être retiré complètement.

L'impression ou l'enlèvement du métal sera effectué selon la méthode appropriée décrite au paragraphe 1.3.

On utilisera quatre éprouvettes.

2.7.3 *Méthode d'essai*

On soumettra chaque éprouvette à l'essai Ca (sévérité 4 jours), de la Publication 68 de la CEI, y compris la reprise. On la retirera alors des conditions de reprise.

On appliquera les électrodes ou on complétera le dessin de celles-ci, mais on n'utilisera ni électrodes évaporées ni électrodes métallisées par projection.

Puis on mesurera à une fréquence de 1 MHz la constante diélectrique relative et l'angle de perte du matériau entre les deux électrodes.

On observera les précautions et les conditions décrites dans la Publication 68 de la CEI.

2.7.4 *Rapport*

La moyenne et le maximum des quatre constantes diélectriques et des quatre angles de perte ainsi mesurés seront notés.

2.6 *Comparative tracking index*

Under consideration.

2.7 *Volume permittivity and volume loss tangent after damp heat, steady state*

2.7.1 *General*

Except as described below, this test shall be carried out in accordance with IEC Publication 243, Recommended Methods of Tests for Electric Strength of Solid Insulating Materials at Power Frequencies.

2.7.2 *Test specimen*

The test specimen shall be a piece of the metal-clad base material under test and, before it is etched, shall be of the thickness of that material. It shall be prepared by one of the following methods:

a) the metal foil or foils shall be completely removed;

or

b) the test specimen shall be printed on one side with the ring and disk pattern of Figure 1, page 46, or with a similar ring and disk pattern of any other suitable dimensions; if the material is clad with metal on both sides, the metal on the other side of the specimen shall be completely removed.

The printing or the removal of metal shall be carried out by the appropriate method of Sub-clause 1.3.

Four specimens shall be used.

2.7.3 *Procedure*

Each specimen shall first be subjected to Test Ca (severity 4 days), of IEC Publication 68, including recovery. It shall then be removed from the recovery conditions.

Electrodes shall then be applied or completed, except that neither evaporated nor sputtered electrodes shall be applied.

The relative permittivity and the loss tangent of the material between the electrodes shall then be measured at a frequency of 1 MHz.

The relevant precautions and requirements of IEC Publication 68 shall be observed.

2.7.4 *Report*

The average values and the maximum values both of the four permittivities and of the four loss tangents so measured shall be reported.

2.8 *Résistance d'isolement – généralités*

Essai non applicable aux planches d'épaisseur inférieure à 0,5 mm (0,02 in).

2.8.1 *Eprouvette*

L'éprouvette (voir figure 5, page 48) sera un morceau rectangulaire du matériau de base à recouvrement métallique à l'essai, d'au moins 75 mm (3 in) de long, d'au moins 50 mm (2 in) de large et, avant d'être gravée, elle devra avoir la même épaisseur que le matériau à essayer. La feuille ou les feuilles métalliques seront complètement retirées par la méthode appropriée décrite au paragraphe 1.3. On percera l'éprouvette de deux trous transversaux dont les centres seront distants de 25 ± 1 mm ($1 \pm 0,04$ in) et d'un diamètre tel qu'après alésage avec un alésoir d'une conicité de 2% le diamètre de chaque trou au bout le plus large ne soit pas inférieur à 4,5 mm (0,18 in) ni supérieur à 5,5 mm (0,22 in). Les trous traverseront complètement l'éprouvette et seront alésés sur toute leur longueur. Des trous de la même dimension peuvent également être faits à l'aide d'un foret conique. En perçant et en alésant l'éprouvette, on doit veiller à ne pas endommager le matériau adjacent (fente, cassure ou brûlure). Les trous devront se trouver à au moins 25 mm (1 in) des bords coupés de l'éprouvette.

On utilisera quatre éprouvettes.

2.8.2 *Electrodes*

Les électrodes seront deux broches de laiton ou d'acier inoxydable ou d'acier chromé d'environ 5 mm (0,2 in) de diamètre et d'une conicité de 2%. Leur longueur sera telle que la condition requise plus bas soit observée.

Quand elles seront fixées sur l'éprouvette, elles seront enfoncées dans les trous (sans utiliser un marteau) de façon à être bien ajustées et à dépasser de chaque côté de l'éprouvette d'au moins 2 mm (0,08 in) (voir figure 5).

2.8.3 *Méthode d'essai*

On observera les précautions et prescriptions du paragraphe 2.0.1 et de la Publication 68 de la CEI.

Après que l'éprouvette ait été soumise au traitement spécifié, selon le cas, et après électrification pendant 1 min, on mesurera la résistance entre électrodes.

La tension utilisée sera 500 ± 50 V en courant continu. Le dispositif utilisé pour mesurer la résistance sera tel que l'erreur de mesure soit inférieure à 50%. En préparant les éprouvettes pour la mesure, il est important qu'on ne réalise pas de chemins conducteurs entre les électrodes autres que ceux relatifs à l'éprouvette. (Voir la Publication 167 de la CEI: Méthodes d'essai pour la détermination de la résistance d'isolement des isolants solides.)

2.9 *Propriétés d'isolation à température élevée*

A l'étude.

3. **Essais non électriques**

3.1 *Courbure*

Essai non applicable aux planches d'épaisseur inférieure à 0,8 mm (0,0315 in).

2.8 *Insulation resistance – general*

Not applicable to sheets less than 0.5 mm (0.02 in) thick.

2.8.1 *Test specimen*

The test specimen (see Figure 5, page 48) shall be a rectangular piece of the metal-clad base material under test at least 75 mm (3 in) long, at least 50 mm (2 in) wide and, before it is etched, shall be of the thickness of the sheet under test. The metal foil or foils shall be completely removed by the appropriate method of Sub-clause 1.3. The specimen shall be drilled with two transverse holes whose centres are 25 ± 1 mm (1 ± 0.04 in) apart and that are of such a diameter that, after reaming with a reamer having a taper of approximately 2%, the diameter of each hole at the larger end is not less than 4.5 mm (0.18 in) and not greater than 5.5 mm (0.22 in). The holes shall be drilled completely through the specimen and shall be reamed throughout their full length. Holes of the same dimensions may alternatively be made with a tapered drill. When the specimen is drilled and reamed, the material adjacent to the holes shall not be damaged (e.g. split, broken or charred) in any way. The holes shall be at least 25 mm (1 in) from the cut edges of the test specimen.

Four specimens shall be used.

2.8.2 *Electrodes*

The electrodes shall be two clean brass or stainless or chromium plated steel pins of approximately 5 mm (0.2 in) diameter and with a taper of approximately 2%. Their length shall be such that the requirement given below can be observed.

When they are fitted to the test specimen, they shall be pressed (not hammered) into the holes so that they fit tightly and extend on each side of the specimen by not less than 2 mm (0.08 in) (see Figure 5).

2.8.3 *Procedure*

The relevant precautions and requirements of Sub-clause 2.0.1 and IEC Publication 68 shall be observed.

After the test specimen has been subjected to the treatment specified as appropriate and after electrification for 1 min, the resistance between the electrodes shall be measured.

The applied voltage shall be 500 ± 50 V d.c. The apparatus used for measuring resistance shall be such that the error of the measurement is less than 50%. In mounting specimens for measurement, it is important that there shall be no conducting path between the electrodes other than those associated with the test specimen. (See IEC Publication 167, Methods of Test for the Determination of the Insulation Resistance of Solid Insulating Materials.)

2.9 *Properties of insulation at elevated temperature*

Under consideration.

3. **Non-electrical tests**

3.1 *Bow*

Not applicable to sheets thinner than 0.8 mm (0.0315 in).

3.1.1 Méthode d'essai

La courbure sera mesurée, parallèlement aux bords de la plaque, côté concave en dessus, en présentant une règle légère à la surface supérieure et en mesurant la flèche maximale entre la surface et la règle. Le poids de la règle ne doit pas influencer la mesure.

La longueur recommandée de la règle sera 1 000 mm (36 in).

La longueur totale de la règle ne pourra être utilisée que si la courbure est à peu près uniforme. Lorsque la courbure n'est pas uniforme, la courbure sera mesurée dans la région de courbure maximale avec une règle rectiligne ayant une longueur supérieure à 300 mm (12 in) ou à la dimension maximale de la planche (on prendra dans tous les cas la plus petite des deux).

Si l'on utilise une règle de longueur différente, la flèche maximale permise est, en unités métriques:

$$D = \frac{d \cdot L^2}{1\,000^2} \text{ en millimètres}$$

et dans le système d'unités anglo-saxonnes:

$$W = \frac{d_1 L^2}{36^2} \text{ en inches}$$

où:

L est la longueur en millimètres ou en inches pour laquelle la mesure est effectuée
 d et d_1 sont les valeurs limites pour 1 000 mm et 36 in données respectivement dans les feuilles particulières pour le type particulier et l'épaisseur de la planche.

3.1.2 Rapport

On notera la flèche maximale comme étant la courbure de la plaque. On notera également les dimensions de la plaque.

3.2 Courbure après essai de chaleur

A l'étude. Sont à considérer les points suivants: dimensions de l'éprouvette; gravure éventuelle de la feuille d'un dessin particulier; décuivrage total ou non décuivrage; température et durée de l'épreuve.

3.3 Vrillage

Essai non applicable aux plaques d'épaisseur inférieure à 0,8 mm (0,0315 in).

3.3.1 Méthode d'essai

La plaque essayée sera placée, le côté concave vers le bas, sur une surface horizontale avec trois des coins les plus bas au contact de la surface. On mesurera la distance verticale de cette surface au quatrième coin de la plaque.

3.3.2 Rapport

Cette distance sera notée comme étant le vrillage de la plaque. On notera également les dimensions de la plaque.

3.4 Vrillage après essai de chaleur

A l'étude. Voir remarques du paragraphe 3.2.

3.1.1 Procedure

Bow shall be measured parallel with the edges of the sheet laid concave side up, by offering a light straight-edge to the upper surface and measuring the maximum clearance between the surface and the straight-edge. The weight of the straight-edge shall not influence the measurement.

The preferred length of the straight-edge is 1 000 mm (36 in).

The full length straight-edge may only be used where the curvature is substantially uniform. Where the curvature is not uniform, the bow shall be measured over the region of maximum curvature, with a straight-edge having a length not less than 300 mm (12 in) or the maximum dimension of the board, whichever is the less.

Where other than a full length edge is used, the maximum clearance permitted is, in metric units:

$$D = \frac{d \cdot L^2}{1\,000^2} \text{ in millimetres}$$

and in inch-pound units:

$$W = \frac{d_1 L^2}{36^2} \text{ in inches}$$

where:

L is the length in millimetres or inches over which the measurement is made
 d and d_1 are the limiting values for 1 000 mm and 36 in respectively given in the specification sheet for the particular type and thickness of sheet.

3.1.2 Report

The maximum clearance shall be reported as the bow of the sheet. The dimensions of the sheet shall also be reported.

3.2 Bow after heating

Under consideration. Details to be considered include the dimensions of the test specimen, whether the foil is to be etched to form a specified pattern, to be completely removed by etching or left intact, the temperature and the duration of heating.

3.3 Twist

Not applicable to sheets thinner than 0.8 mm (0.0315 in).

3.3.1 Procedure

The sheet under test shall be placed, with its predominantly concave side down, on a horizontal surface and with three corners of the lower side in contact with the surface. The vertical distance from this surface to the other corner of the lower side shall be measured.

3.3.2 Report

This distance shall be reported as the twist of the sheet. The dimensions of the sheet shall also be reported.

3.4 Twist after heating

Under consideration. See remarks under Sub-clause 3.2.

3.5 *Force d'arrachement*

3.5.1 *Eprouvette*

L'éprouvette sera un morceau de la plaque essayée, de dimensions convenables et sera imprimée selon la méthode décrite au paragraphe 1.3, d'un dessin consistant en une pastille ou en plusieurs pastilles d'un diamètre de $4 \pm 0,1$ mm ($0,157 \pm 0,004$ in). Il est pratique de graver au centre de chaque pastille un trou d'environ 0,6 mm (0,024 in) de diamètre pour y placer le foret.

On percera un trou de diamètre $1,3 \pm 0,1$ mm ($0,051 \pm 0,004$ in) au centre de chaque pastille.

3.5.2 *Fer à souder*

Le fer à souder aura une panne de cuivre de 30 ± 5 mm ($1,2 \pm 0,2$ in) de long et de 5 ± 1 mm ($0,2 \pm 0,04$ in) de diamètre, l'extrémité formant un angle de $45 \pm 10^\circ$. La température du fer sera 270 ± 10 °C pendant toute la durée de l'essai. Un fer approprié est illustré à la figure 6, page 49.

3.5.3 *Soudure*

La soudure sera un alliage étain/plomb à 60/40 avec une âme de résine non corrosive, ayant la forme d'un fil d'un diamètre inférieur à 1,5 mm (0,06 in).

3.5.4 *Méthode d'essai*

On essaiera 10 pastilles.

La pastille sera étamée pendant 4 ± 1 s avec le fer à souder et un minimum de soudure.

Un morceau de fil de 0,9 mm à 1 mm (0,035 in à 0,04 in) de diamètre, préalablement étamé avec la même soudure, sera soudé à angle droit sur l'éprouvette, au centre de la pastille. Le fil sera attaché à la feuille de telle façon qu'il traverse la feuille dans le trou foré. La soudure formée entre le fil et la pastille devra couvrir toute la surface de la pastille. Cette opération de soudure durera 4 ± 1 s. Pendant cette soudure et le refroidissement qui suivra, on ne bougera pas le fil. Pour s'assurer qu'il ne bouge pas, le fil et l'éprouvette pourront être maintenus dans un montage.

On appliquera une charge au moyen d'une machine de traction en tirant le fil placé à angle droit avec l'éprouvette. On augmentera cette charge régulièrement de 5 N/s à 50 N/s (1 à 10 lbf/s) jusqu'à ce que la pastille se sépare du matériau de base.

3.5.5 *Rapport*

On notera comme étant la force d'arrachement de la plaque essayée, la plus petite des charges nécessaires pour détacher les dix pastilles du matériau de base. La rupture du fil au-dessous de la valeur ou à la valeur de la force d'arrachement, ou de l'extraction du fil ne sera pas considérée comme défaut, mais l'essai devra être recommencé. En aucun cas, le même fil et la même pastille ne sera resoudé et l'essai répété après resoudure.

3.6 *Force d'adhérence*

3.6.1 *Eprouvette*

L'éprouvette sera un morceau du matériau de base à recouvrement métallique à l'essai et, avant d'être gravée, elle devra avoir la même épaisseur que ce matériau. Elle aura 75 ± 1 mm ($2,95 \pm 0,04$ in) de long, 50 ± 1 mm ($1,97 \pm 0,04$ in) de large, et sera imprimée selon la méthode décrite au paragraphe 1.3 et le dessin de la figure 7, page 50.

Le nombre d'éprouvettes utilisées sera suffisant pour que la feuille métallique soit décollée sur au moins 25 mm (1 in) de chacune des quatre bandes de feuille.

3.5 *Pull-off strength*

3.5.1 *Test specimen*

The test specimen shall be a piece of the sheet under test, of any convenient size and printed by the appropriate method of Sub-clause 1.3 with a test pattern consisting of one or more lands of diameter 4 ± 0.1 mm (0.157 ± 0.004 in). It is convenient for each land to have a central etched hole of diameter about 0.6 mm (0.024 in) for locating the drill.

A hole of diameter 1.3 ± 0.1 mm (0.051 ± 0.004 in) shall be drilled through the centre of each land.

3.5.2 *Soldering tool*

The soldering iron shall have a copper bit 30 ± 5 mm (1.2 ± 0.2 in) long and 5 ± 1 mm (0.2 ± 0.04 in) in diameter, with its end forming an angle of $45 \pm 10^\circ$. The temperature of the bit shall be 270 ± 10 °C throughout the test. An appropriate tool is shown in Figure 6, page 49.

3.5.3 *Solder*

The solder shall be a 60/40 tin-lead alloy with a non-corrosive rosin core and in the form of wire of diameter not greater than 1.5 mm (0.06 in).

3.5.4 *Procedure*

Ten lands shall be tested.

The land shall be evenly tinned for 4 ± 1 s with the soldering iron and a minimum amount of solder.

A piece of wire, of diameter 0.9 to 1 mm (0.035 to 0.04 in) and previously tinned with the solder, shall be soldered at right angles to the test specimen, to the centre of the land. The wire shall be attached to the foil in such a position that it passes through the foil into the drilled hole. The fillet formed between the wire and the land shall cover the entire area of the land. The time taken for this soldering process shall be 4 ± 1 s. During this soldering and the subsequent cooling, the wire shall not be moved. To ensure that it is not, the wire and the test specimen may be held in a jig.

By means of a tensile testing machine a load shall be applied, by pulling the wire at right angles to the test specimen, and increased steadily at 5 N/s to 50 N/s (1 to 10 lbf/s) until the land separates from the base material.

3.5.5 *Report*

The smallest of any of the loads required to detach the ten lands from the base material shall be reported as the pull-off strength of the sheet under test. Breaking of a wire at or below the required values, or wire pull-out shall not be considered as a failure, but the test shall be repeated. In no case shall the same wire and the same land be resoldered and pulled again.

3.6 *Peel strength*

3.6.1 *Test specimen*

The test specimen shall be a piece of the metal-clad base material under test and, before it is etched, shall be of the thickness of that material. It shall be 75 ± 1 mm (2.95 ± 0.04 in) long and 50 ± 1 mm (1.97 ± 0.04 in) wide and shall be printed by the appropriate method of Sub-clause 1.3 with the pattern of Figure 7, page 50.

The number of specimens used shall be that sufficient for the peeling of a length of 25 mm (1 in) from each of four strips of foil.

3.6.2 *Force d'adhérence après choc thermique*

On utilisera un bain de silicone bien remué, ou d'un liquide équivalent, maintenu à $260 \begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix} ^\circ\text{C}$ pendant l'essai. La température sera mesurée à 25 mm (1 in) au-dessous de la surface.

L'éprouvette sera placée en position horizontale à une profondeur de 25 mm (1 in) dans un montage de capacité thermique telle que la température du fluide ne descende pas au-dessous de $260 ^\circ\text{C}$. L'éprouvette sera totalement plongée dans le fluide pendant la durée indiquée dans la feuille particulière correspondante. Ensuite, on la fera refroidir jusqu'à une température de $15 ^\circ\text{C}$ à $35 ^\circ\text{C}$. Cette éprouvette servira ensuite à la mesure de la force d'adhérence selon la méthode décrite au paragraphe 3.6.6 ci-dessous.

3.6.3 *Force d'adhérence après chaleur sèche*

On fera subir à l'éprouvette l'essai Ba: Chaleur sèche, de la Publication 68-2-2 de la CEI: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique applicables aux matériels électroniques et à leurs composants, Deuxième partie: Essais – Essai B: Chaleur sèche. Sauf prescriptions contraires, l'éprouvette restera dans l'étuve pendant 500 h au lieu de 16 h. La température de l'air de la chambre climatique sera celle donnée dans la feuille particulière correspondante. L'air de la chambre climatique circulera pendant toute la période de chauffage et les grandes surfaces de l'éprouvette seront parallèles au courant d'air en circulation.

Immédiatement après reprise, on examinera les cloques et la délamination de l'éprouvette, puis on utilisera cette éprouvette pour la mesure de la force d'adhérence décrite au paragraphe 3.6.6 ci-dessous.

3.6.4 *Force d'adhérence après exposition à la vapeur de solvant*

L'éprouvette sera suspendue pendant $2 \text{ min} \pm 5 \text{ s}$ dans la vapeur de trichloréthylène bouillant à la pression atmosphérique. On examinera immédiatement après le cloquage et la délamination, ainsi qu'après une période de 24 h. Cette éprouvette servira à la mesure de la force d'adhérence décrite au paragraphe 3.6.6. Par entente entre fabricant et acheteur, cet essai peut être effectué avec d'autres vapeurs de solvants.

3.6.5 *Force d'adhérence après exposition aux conditions simulées de revêtement électrolytique*

3.6.5.1 *But*

Cet essai a pour but de mesurer la résistance des laminés à recouvrement métallique à l'attaque chimique dans des conditions simulant celles des revêtements par électrolyse.

3.6.5.2 *Résumé*

L'éprouvette, avec son dessin de quatre bandes de 3 mm de large, est placée dans une solution de sulfate de soude à $70 ^\circ\text{C}$. Une électrode de carbone immergée dans la solution sert d'anode et l'éprouvette sert de cathode. On fait passer pendant 20 min un courant continu d'une densité de 215 A/m^2 (20 A/ft^2). A la fin de cette période, on examinera sur l'éprouvette la non-adhérence de la feuille et l'on mesurera sa force d'adhérence.

3.6.2 *Peel strength after heat shock*

A bath of well-stirred silicone or equivalent fluid, kept at $260 \begin{smallmatrix} +5 \\ -0 \end{smallmatrix} \text{ }^{\circ}\text{C}$ throughout the test, shall be used. The temperature shall be measured at 25 mm (1 in) below the surface.

The specimen shall be held in a horizontal position, at a depth of 25 mm (1 in), in a holder of heat capacity so low that the temperature of the fluid is not brought below $260 \text{ }^{\circ}\text{C}$. The specimen shall be totally immersed in the fluid for the time given on the relevant specification sheet. It shall then be allowed to cool to between $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ and $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$. It shall then be used for the measurement of peel strength as described in Sub-clause 3.6.6 below.

3.6.3 *Peel strength after dry heat*

The specimen shall be subjected to Test Ba, Dry Heat, of IEC Publication 68-2-2: Basic Environmental Testing Procedures for Electronic Components and Electronic Equipment, Part 2, Tests – Test B, Dry Heat, except that it shall remain in the chamber for 500 h instead of 16 h if not otherwise specified. The temperature of the air in the heating chamber shall be that given on the relevant specification sheet. The air in the heating chamber shall be caused to circulate during the whole heating period and the large surfaces of the specimen shall be parallel with the air flow.

Immediately after recovery, the specimen shall be examined for blisters and delamination and then used for the measurement of peel strength as described in Sub-clause 3.6.6 below.

3.6.4 *Peel strength after exposure to solvent vapour*

The specimen shall be suspended for $2 \text{ min} \pm 5 \text{ s}$ in the vapour of trichlorethylene boiling at atmospheric pressure. It shall be examined for delamination and blistering immediately afterwards, and after a period of 24 h it shall then be used for the measurement of peel strength as described in Sub-clause 3.6.6. By agreement between manufacturer and purchaser the test may be carried out with other solvent vapours.

3.6.5 *Peel strength after exposure to simulated plating conditions*

3.6.5.1 *Purpose*

This test is intended to measure the resistance of metal-clad laminates to chemical attack in conditions simulating those of plating.

3.6.5.2 *Summary*

The test specimen with its pattern of four strips 3 mm (0.118 in) wide is placed in a solution of sodium sulphate at $70 \text{ }^{\circ}\text{C}$. A carbon rod dipping into the solution is made anode and the test specimen is made cathode. A direct current of density 215 A/m^2 (20 A/ft^2) is passed for 20 min. At the end of this period, the specimen is inspected for non-adherence of the foil and its peel strength is measured.

3.6.5.3 *Electrolyse et dispositif approprié*

Solution de sulfate de soude anhydre (Na_2SO_4), 10 g/l, dans de l'eau distillée (il faut 500 ml pour le dispositif décrit plus bas, mais si on effectue plusieurs essais, on s'apercevra que la solution noircit; il faudra la renouveler de temps en temps).

Matras de 600 ml.

Manchon chauffant convenant à ce matras.

Auto-transformateur variable pour fournir la puissance électrique de chauffage.

Gros bouchon qui s'adapte au matras avec:

- a) une électrode de carbone qui servira d'anode;
- b) diamétralement opposé, un morceau de cuivre rouge rigide portant une pince (pour tenir l'éprouvette);
- c) un trou central pour l'agitateur;
- d) un trou éloigné décentré pour le thermomètre.

Agitateur en verre mu par un moteur.

Thermomètre pour mesurer $70\text{ }^\circ\text{C}$.

Source de courant continu sous une tension d'environ 5 V.

Résistance variable d'environ $30\ \Omega$ au total et capable d'absorber 0,2 A.

Ampèremètre pour mesurer 0,2 A.

3.6.5.4 *Méthode d'essai*

L'éprouvette servira de cathode à une cellule électrolytique dans laquelle un morceau de carbone sert d'anode et la solution de sulfate de soude bien mélangé et à la température de $70 \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ sert d'électrolyte. L'éprouvette sera tenue, les bandes étant verticales de sorte qu'elles soient entièrement submergées. Les bandes seront reliées électriquement par un moyen approprié. On appliquera une tension continue d'environ 5 V réglée de telle sorte que le courant ait une valeur constante équivalant à 215 A/m^2 (20 A/ft^2) de la feuille submergée. Au bout de $20 \pm 1\text{ min}$, l'éprouvette sera retirée de la solution, essuyée et séchée et on la fera refroidir à la température ambiante pendant environ $1/2\text{ h}$.

On examinera l'éprouvette du point de vue de la non-adhérence de la feuille. Si celle-ci a commencé à se détacher du matériau de base, l'essai sera suspendu. Sinon, l'éprouvette sera utilisée pour la mesure de la force d'adhérence comme cela est décrit au paragraphe 3.6.6.

3.6.6 *Mesure de la force d'adhérence*

La méthode suivante sera utilisée après que l'éprouvette ait été soumise au traitement décrit aux paragraphes 3.6.2, 3.6.3, 3.6.4 ou 3.6.5 selon le cas, et si l'éprouvette n'est pas cloquée.

Les éprouvettes de matériaux minces et flexibles seront, si besoin est, collées sur des supports plus rigides.

La feuille métallique sera détachée du matériau de base sur une distance d'environ 10 mm (0,4 in) à partir d'une des extrémités. L'éprouvette sera soutenue de manière convenable, par exemple à l'aide de rouleaux, ayant entre eux la partie détachée de la feuille de métal. La partie détachée de la feuille métallique sera prise sur toute sa largeur avec une pince et on tirera progressivement dans la direction perpendiculaire au plan du matériau de base jusqu'à ce que la

3.6.5.3 *Electrolyte and suitable apparatus*

Solution of anhydrous sodium sulphate (Na_2SO_4), 10 g/l in distilled water (500 ml is needed for the apparatus described below, but if several tests are carried out, it will be found that the solution darkens; it must be renewed from time to time).

Wide-necked 600 ml flask.

Heating mantle suitable for this flask.

Variable auto-transformer to control electrical supply to heating mantle.

Large cork, to fit flask, with:

- a) a carbon rod fitted to form anode;
- b) diametrically opposite, a piece of stiff copper wire carrying a clip (to hold test specimen);
- c) central hole for stirrer;
- d) a hole off centre for thermometer.

Stirrer motor and glass stirrer.

Thermometer to measure $70\text{ }^\circ\text{C}$.

D.C. supply of about 5 V.

Variable resistance, about $30\ \Omega$ total and capable of taking 0.2 A.

Ammeter to measure 0.2 A.

3.6.5.4 *Procedure*

The test specimen shall be made the cathode of an electrolytic cell of which the anode is a carbon rod and the electrolyte is the solution of sodium sulphate, well stirred and kept at $70 \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$. The test specimen shall be held with the strips vertical so that they are just entirely submerged. The strips shall be connected electrically by any suitable means. A d.c. voltage of about 5 V shall be applied and adjusted so that the current has a steady value equivalent to $215\ \text{A/m}^2$ ($20\ \text{A/ft}^2$) of the submerged foil. At the end of 20 ± 1 min, the test specimen shall be removed from the solution, wiped to remove surface moisture and left about $\frac{1}{2}$ h to cool to room temperature.

The specimen shall be inspected for non-adherence of the foil. If it has become detached from the base material, the test shall be discontinued. If not, the specimen shall be used for the measurement of peel strength as described in Sub-clause 3.6.6.

3.6.6 *Measurement of peel strength*

The following procedure shall be carried out after the test specimen has been subjected to the treatment specified in Sub-clauses 3.6.2, 3.6.3, 3.6.4 or 3.6.5 as appropriate, and if the specimen is not blistered.

At this stage, specimens of thin flexible materials shall, if necessary, be cemented on the back to more rigid pieces.

The metal foil shall be detached from the base material for a distance of about 10 mm (0.4 in) from one end. The test specimen shall be supported in a suitable way, e.g. on rollers with the detached end of the metal foil between them. The detached end of the foil shall be gripped over its entire width, e.g. with a clamp, and a steadily increasing pull shall be applied in a direction perpendicular to the plane of the base material until the metal foil is peeled off at a steady rate

feuille métallique se détache à une vitesse d'environ 50 mm/min (2 in/min), en mesurant la force nécessaire. Un défaut de perpendicularité de 5° de la force de traction par rapport au plan du matériau est toléré. A cette vitesse, on détachera une longueur d'environ 25 mm de chacune des quatre bandes.

La charge minimale par unité de largeur nécessaire pour détacher la feuille pendant l'essai sera considérée comme la force d'adhérence.

3.6.7 *Rapport*

3.6.7.1 *Force d'adhérence après choc thermique*

La force d'adhérence mesurée selon le paragraphe 3.6.6, après le traitement spécifié au paragraphe 3.6.2, sera notée comme étant la force d'adhérence après choc thermique de la plaque essayée. Le rapport mentionnera aussi si l'éprouvette était délaminée ou cloquée.

3.6.7.2 *Force d'adhérence après chaleur sèche*

La force d'adhérence mesurée selon le paragraphe 3.6.6, après le traitement spécifié au paragraphe 3.6.3, sera notée comme étant la force d'adhérence après chaleur sèche de la plaque essayée. Le rapport mentionnera aussi si l'éprouvette était délaminée ou cloquée.

3.6.7.3 *Force d'adhérence après exposition à la vapeur de solvant*

La force d'adhérence mesurée selon le paragraphe 3.6.6, après le traitement spécifié au paragraphe 3.6.4, sera notée comme étant la force d'adhérence de la plaque essayée après exposition à la vapeur de solvant. Le rapport mentionnera aussi si l'éprouvette était délaminée ou cloquée ainsi que le solvant utilisé.

3.6.7.4 *Force d'adhérence après exposition à des conditions simulées de revêtement électrolytique*

La force d'adhérence mesurée selon le paragraphe 3.6.6, après le traitement spécifié au paragraphe 3.6.5, sera notée comme étant la force d'adhérence de la plaque essayée après exposition à des conditions simulées d'électrolyse. Si besoin est, le rapport mentionnera si la feuille s'est détachée pendant cette exposition.

3.7 *Cloquage après choc thermique*

3.7.1 *Eprouvette*

L'éprouvette sera un morceau du matériau de base à recouvrement métallique à l'essai et, avant d'être gravée, elle devra avoir la même épaisseur que ce matériau. Elle aura la forme d'un carré de 100 mm (4,0 in), et sera imprimée selon la méthode décrite au paragraphe 1.3, suivant le dessin de l'anneau et du disque de la figure 1, page 46.

3.7.2 *Nombre d'éprouvettes*

Un.

3.7.3 *Dispositif*

Un bain de silicone bien remué ou d'un liquide équivalent, maintenu pendant toute la durée de l'essai à 260 ± 5 °C. La température sera mesurée à 25 mm (1 in) au-dessous de la surface.

3.7.4 *Méthode d'essai*

L'éprouvette sera placée en position horizontale à une profondeur de 25 mm (1 in) dans un montage de capacité thermique telle que la température du fluide ne descende pas au-dessous de 260 °C. On plongera totalement l'éprouvette dans le fluide pendant la durée indiquée sur la feuille particulière correspondante, et tout de suite après l'avoir retirée, on examinera le cloquage de la feuille et la délamination du matériau de base.

of about 50 mm/min (2 in/min), the force required to do this being measured. A deviation of 5° from the vertical is tolerated. A length of foil of at least 25 mm (1 in) shall be peeled at this rate from each of four strips.

The minimum load per unit width required to peel the foil during the test shall be taken as the peel strength.

3.6.7 *Report*

3.6.7.1 *Peel strength after heat shock*

The peel strength measured in accordance with Sub-clause 3.6.6, after the treatment specified in Sub-clause 3.6.2, shall be reported as the peel strength after heat shock of the sheet under test. The report shall also state whether the test specimen has delaminated or blistered.

3.6.7.2 *Peel strength after dry heat*

The peel strength measured in accordance with Sub-clause 3.6.6, after the treatment specified in Sub-clause 3.6.3, shall be reported as the peel strength after dry heat of the sheet under test. The report shall also state whether the test specimen has delaminated or blistered.

3.6.7.3 *Peel strength after exposure to solvent vapour*

The peel strength measured in accordance with Sub-clause 3.6.6, after the treatment specified in Sub-clause 3.6.4, shall be reported as the peel strength after exposure to solvent vapour of the sheet under test. The report shall also state whether the test specimen has delaminated or blistered, and what solvent had been used.

3.6.7.4 *Peel strength after exposure to simulated plating conditions*

The peel strength measured in accordance with Sub-clause 3.6.6, after the treatment specified in Sub-clause 3.6.5, shall be reported as the peel strength after exposure to simulated plating conditions of the sheet under test. If appropriate, the report shall alternatively state that foil became detached during such exposure.

3.7 *Blistering after heat shock*

3.7.1 *Test specimen*

The test specimen shall be a piece of the metal-clad base material under test and, before it is etched, shall be of the thickness of that material. It shall be 100 mm (4.0 in) square and shall be printed by the appropriate method of Sub-clause 1.3 with the ring and disk pattern of Figure 1, page 46.

3.7.2 *Number of test specimens*

One.

3.7.3 *Apparatus*

A bath of well-stirred silicone or equivalent fluid kept throughout the test at 260^{+5}_{-0} °C. The temperature shall be measured at 25 mm (1 in) below the surface.

3.7.4 *Procedure*

The specimen shall be held in a horizontal position at a depth of 25 mm (1 in) in a holder of heat capacity so low that the temperature of the fluid is not brought below 260 °C. The specimen shall be totally immersed in the fluid for the time given on the relevant specification sheet, and immediately after removal, shall be inspected for blistering of the foil and delamination of the base material.

3.7.5 *Rapport*

Le rapport indiquera s'il y a eu cloquage ou délamination de l'éprouvette. Pour le jugement, on exclura une bande de 1 mm (0,04 in) sur le pourtour de l'éprouvette.

Note. — L'immersion dans du silicone ou dans un liquide équivalent plutôt que dans de la soudure en fusion est spécifiée pour cet essai; on a, en effet, trouvé qu'en utilisant de la soudure en fusion, les résultats des essais effectués dans différents laboratoires sur des éprouvettes prises sur la même plaque sont extrêmement différents.

Les différences ont été attribuées à la difficulté de contrôler la température à la surface du bain de soudure, ce qui, à son tour, est probablement dû au gradient de température en surface et à la difficulté de bien brasser la soudure.

3.8 *Poinçonnage*

Cet essai doit faire l'objet d'une entente entre fabricant et acheteur.

3.9 *Etat de surface*

A l'étude.

3.10 *Soudabilité*

A l'étude.

4. **Essais non électriques sur le matériau de base**

4.1 *Flexion*

4.1.1 *Généralité*

L'essai sera effectué selon la Recommandation ISO R178: Détermination des caractéristiques de flexion des matières plastiques rigides.

4.1.2 *Eprouvettes*

Les éprouvettes seront prélevées sur un morceau ou des morceaux du matériau de base à recouvrement métallique essayé, dont la feuille ou les feuilles métalliques auront été complètement retirées par la méthode décrite au paragraphe 1.3. Leur épaisseur sera celle du matériau de base. Suivant le paragraphe 3.2 a) de la Recommandation ISO R178, le rapport entre la longueur l et l'épaisseur h sera au moins égal à 20. La largeur sera conforme au tableau I de la Recommandation ISO R178; par exemple, pour du matériau de base d'épaisseur 1 mm à 3 mm inclus (0,04 in à 0,12 in inclus): $25 \pm 0,5$ mm ($0,984 \pm 0,02$ in) et pour des matériaux de base d'épaisseur 3 mm exclus jusqu'à 10 mm (0,12 in exclus à 0,394 in): $10 \pm 0,5$ mm ($0,394 \pm 0,02$ in). On utilisera un ensemble d'éprouvettes correspondant «en direction» à A et B de la figure 1 de la Recommandation ISO R178.

Un lot de cinq éprouvettes correspondant à chaque direction A et B de la figure 1 de la Recommandation ISO R178 sera essayé.

4.1.3 *Méthode d'essai*

Les éprouvettes seront chargées à plat et la charge de rupture sera déterminée pour chacune d'elles. La résistance à la flexion lors de la rupture sera calculée pour chaque éprouvette.

4.1.4 *Rapport*

La flexion de la plaque essayée sera le chiffre le plus bas de la flexion moyenne lors de la rupture des éprouvettes correspondant à la direction A de la figure 1 de la Recommandation ISO R178, ou de la flexion moyenne lors de la rupture des éprouvettes correspondant à la direction B.

3.7.5 *Report*

The report shall state whether blistering or delamination has occurred on the specimen. A border of 1 mm (0.04 in) around the edge of the specimen is excluded from this requirement.

Note. — Immersion in a silicone, or equivalent fluid, rather than floating on molten solder, is specified in this test because it has been found that, if molten solder is used, the results of tests carried out in different laboratories on specimens cut from the same sheet differ widely.

The differences have been attributed to the difficulty of controlling the temperature at the surface of the solder bath, which is in turn probably due to the large temperature gradient at the surface and the difficulty of stirring the solder effectively.

3.8 *Punching*

This test is left to agreement between manufacturer and purchaser.

3.9 *Surface finish*

Under consideration.

3.10 *Solderability*

Under consideration.

4. **Non-electrical tests on the base material**

4.1 *Flexural strength*

4.1.1 *General*

The test shall be carried out as specified in ISO Recommendation R178, Determination of Flexural Properties of Rigid Plastics.

4.1.2 *Test specimens*

The specimens shall be prepared from a piece or pieces of the metal-clad base material under test from which the metal foil or foils have been completely removed by the appropriate method of Sub-clause 1.3. Their height shall be equal to the thickness of the base material. According to Sub-clause 3.2 a) of ISO R178, the length l and the height h shall have the ratio of at least $l = 20 h$. In width, they shall conform to Table I of ISO R178, i.e. for base material thicknesses from 1 mm to 3 mm inclusive (0.04 in to 0.12 in inclusive): 25 ± 0.5 mm (0.984 ± 0.02 in), and for thicknesses from 3 mm exclusive to 10 mm (0.12 in exclusive to 0.394 in): 10 ± 0.5 mm (0.394 ± 0.02 in). The specimens shall bear a relation to the sheet from which they are cut that is shown at A or B of Figure 1 of ISO R178.

A set of five specimens corresponding to each of the directions A and B of Figure 1 of ISO R178 shall be used.

4.1.3 *Procedure*

The specimens shall be loaded flatwise and the load at rupture shall be determined for each of them. The flexural stress at rupture shall be calculated for each specimen.

4.1.4 *Report*

The average flexural stress at rupture of the specimens corresponding in direction to A of Figure 1 of ISO R178 or the average flexural stress at rupture of the specimens corresponding in direction to B, whichever is the lower, shall be reported as the flexural strength of the sheet under test.

4.2 *Fluage à haute température*

A l'étude.

4.3 *Inflammabilité**

Note. — Des matériaux d'épaisseurs différentes ne donnent pas forcément les mêmes résultats lorsqu'on utilise cette méthode d'essai.

4.3.1 *Eprouvettes*

Afin d'éviter des résultats disparates de la part de matériaux en plaque qui ont été étirés pendant la fabrication et qui peuvent se détendre en brûlant, on doit d'abord chauffer ces matériaux suffisamment longtemps pour leur permettre une relaxation complète.

Un morceau ou des morceaux du matériau de base à recouvrement métallique seront traités par la méthode appropriée décrite au paragraphe 1.3, pour retirer toute la feuille métallique. Les éprouvettes seront découpées du matériau de base ainsi exposé. Elles auront 125 ± 5 mm de long et 13 ± 1 mm de large ($4,92 \pm 0,20$ in par $0,51 \pm 0,04$ in) et l'épaisseur du matériau de base. Leurs bords seront lisses. On marquera chaque éprouvette en traçant un trait sur elle à $25 \pm 0,5$ mm ($0,98 \pm 0,02$ in) d'un côté.

On utilisera quatre éprouvettes.

4.3.2 *Méthode d'essai*

On effectuera l'essai dans une atmosphère sans courant d'air, c'est-à-dire dans une hotte ou dans une sorbonne avec hublot qui permettra de suivre l'essai. La hotte devra avoir un ventilateur pour évacuer les produits de la combustion, mais le ventilateur ne devra pas fonctionner pendant l'essai.

L'éprouvette sera attachée sur un support rigide du côté le plus éloigné de la ligne tracée, de façon que son axe longitudinal soit horizontal, que son axe transversal soit incliné à $45 \pm 10^\circ$ de l'horizontal, et que l'on puisse voir la ligne tracée. Un morceau carré de toile métallique propre, de 8 mailles par centimètre (20 mailles par inch) et de 100 mm (4 in) de côté, sera attaché horizontalement à 10 ± 1 mm ($0,4 \pm 0,04$ in) en dessous de l'éprouvette; une longueur de 13 ± 1 mm ($0,5 \pm 0,04$ in) de la partie non soutenue de l'éprouvette se trouvera sans toile métallique comme indiqué à la figure 8, page 51.

Un bec de Bunsen de 10 mm (0,4 in) de diamètre et ayant une flamme non lumineuse de 25 mm (1 in) de haut sera placé sous la partie libre de l'éprouvette, de façon que le bout de la flamme le touche juste. Au bout de 30 s, on éteindra la flamme et on fermera la porte de la hotte pendant la suite de l'essai.

On mesurera le temps de brûlure, en secondes, à compter de l'instant où l'on retirera la flamme du bec, jusqu'à celui où la flamme de l'éprouvette s'éteint.

On examinera l'éprouvette pour voir si la brûlure a dépassé la ligne tracée.

4.3.3 *Rapport*

Le rapport mentionnera:

1. La moyenne des quatre temps de brûlure.
2. Si la brûlure d'une des éprouvettes a dépassé la ligne tracée.
3. Si le matériau fond, et dans ce cas s'il brûle également.
4. L'épaisseur de la plaque essayée.

* Une méthode d'essai différente pour la détermination de l'inflammabilité des matières plastiques est à l'étude.

4.2 *Plastic yield at elevated temperature*

Under consideration.

4.3 *Flammability**

Note. — Materials of different thicknesses should not be expected to give the same results when tested by this method.

4.3.1 *Test specimens*

To avoid erratic results from sheet materials that have been stretched during processing and may relax during burning, such materials should first be heated at a sufficiently high temperature and for a sufficient time to permit complete relaxation.

A piece or pieces of the metal-clad base material to be tested shall be treated by the appropriate method of Sub-clause 1.3 so as to remove completely the metal foil. Test specimens shall be cut from the base material thus exposed. They shall be 125 ± 5 mm long and 13 ± 1 mm wide (4.92 ± 0.20 in by 0.51 ± 0.04 in) and their thickness shall be that of the base material. Their edges shall be smooth. Each specimen shall be marked by scribing a line across it 25 ± 0.5 mm (0.98 ± 0.02 in) from one end.

Four specimens shall be used.

4.3.2 *Procedure*

The test shall be conducted in an atmosphere free from draughts, e.g. in a laboratory hood or fume cupboard with a heat-resistant glass window for observing the test. The hood should have an exhaust fan for removing products of combustion, but the fan shall be turned off during the test.

The specimen shall be clamped in a rigid support at the end further from the scribed line so that the longitudinal axis of the specimen is horizontal, its transverse axis is inclined at $45 \pm 10^\circ$ to the horizontal and the line on the specimen can be seen. A piece of clean wire gauze with 8 meshes per centimetre (20 meshes per inch) and 100 mm (4 in) square shall be clamped in a horizontal position 10 ± 1 mm (0.4 ± 0.04 in) below the specimen with 13 ± 1 mm (0.5 ± 0.04 in) of the unsupported end of the specimen projecting beyond the edge of the gauze as shown in Figure 8, page 51.

A Bunsen burner of diameter about 10 mm (0.4 in) and with a non-luminous flame about 25 mm (1 in) high shall be placed under the free end of the specimen so that the tip of the flame just touches it. After 30 s, the burner flame shall be extinguished and the hood door shall be closed for the remainder of the test.

The burning time, in seconds, shall be measured from the instant of removal of the burner flame to that when the flame from the specimen goes out.

Observation shall be made as to whether burning proceeds past the scribed line.

4.3.3 *Report*

The report shall state:

1. The average of the four burning times.
2. Whether the burning of any of the specimens proceeds past the scribed line.
3. Whether the material melts or drips and, if it drips, also burns.
4. The thickness of the sheet under test.

* A different test method for flammability of plastics is under consideration.

4.4 *Absorption d'eau*

4.4.1 *Généralités*

L'essai sera effectué comme spécifié dans la Recommandation ISO R 62*, selon la procédure A.

4.4.2 *Eprouvette*

Les éprouvettes seront prélevées d'un morceau du matériau de base essayé dont la feuille ou les feuilles métalliques auront été totalement retirées par la méthode décrite au paragraphe 1.3. Leur épaisseur sera celle du matériau de base.

* Recommandation ISO R62: Plastique – Détermination de l'absorption d'eau.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60249-1:1968

Withholding

4.4 *Water absorption*

4.4.1 *General*

The test shall be carried out as specified in ISO Recommendation R62* with Procedure A.

4.4.2 *Test specimens*

The specimens shall be prepared from a piece or pieces of the metal-clad base material under test from which the metal foil or foils have been completely removed by the appropriate method of Sub-clause 1.3. Their thickness shall be that of the base material.

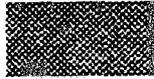
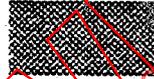
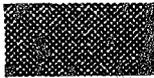
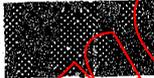
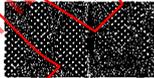
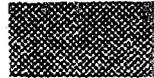
* ISO Recommendation R62, Plastics. Determination of water absorption.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60249-7:1968

Withor2M

TABLEAU III

Taux de corrosion des feuilles de laiton

Feuille du pôle positif			
Description	Apparence Représentation pour des éprouvettes d'essai de 4 mm (0,16 in) d'épaisseur	Représentation pour des éprouvettes d'essai de 1,5 mm (0,06 in) d'épaisseur	Taux
Aucun changement			A
Légère coloration rouge (amorce de dézingage)			A/B
Forte coloration rouge (dézingage avancé) et/ou produits de corrosion verts formant des petits points			B
Feuille du pôle négatif			
Description	Apparence Représentation pour des éprouvettes d'essai de 4 mm (0,16 in) d'épaisseur	Représentation pour des éprouvettes d'essai de 1,5 mm (0,06 in) d'épaisseur	Taux
Aucun changement			1
Faible coloration brune visible en de petits points ou raies (produits d'oxydation en couche fine)			1.2
Coloration brune progressive (produits d'oxydation en couche plus épaisse)			1.4
Coloration noire se présentant sous la forme de petits points isolés (oxydation localement plus importante), comportant éventuellement une coloration brune comme dans les cas 1,2 et 1,4			1.6