

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60641-2

Première édition
First edition
1979-01

**Spécification pour le carton comprimé et
le papier comprimé à usages électriques**

**Deuxième partie:
Méthodes d'essai**

**Specification for pressboard and presspaper
for electrical purposes**

**Part 2:
Methods of test**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60641-2: 1979

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE

CEI
IEC

INTERNATIONAL
STANDARD

60641-2

Première édition
First edition
1979-01

**Spécification pour le carton comprimé et
le papier comprimé à usages électriques**

**Deuxième partie:
Méthodes d'essai**

**Specification for pressboard and presspaper
for electrical purposes**

**Part 2:
Methods of test**

© IEC 1979 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembeé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

S

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

Publication 641-2 de la CEI
(Première édition - 1979)

Spécification pour le carton comprimé
et le papier comprimé à
usages électriques

Partie 2: Méthodes d'essai

IEC Publication 641-2
(First edition - 1979)

Specification for pressboard and
presspaper for electrical purposes

Part 2: Methods of test

CORRIGENDUM 1

Page 32

20 Rigidité diélectrique

Dans la deuxième ligne, au lieu de

Publication 243 de la CEI

lire:

CEI 243-1 (1988).

Page 34

20.1 Appareillage

Dans la première ligne, au lieu de
l'article 5 de la Publication 243 de la CEI

lire:

l'article 7 de la CEI 243-1 (1988).

Dans la deuxième ligne, au lieu de
paragraphe 6.1.1

lire:

paragraphe 4.1.1.1.

Page 36

20.6 Méthode d'essai

Dans la première ligne, au lieu de
paragraphe 7.1 de la Publication 243 de la CEI

lire:

9.1 de la CEI 243-1.

Page 33

20 Electric strength

In the second line, instead of

IEC Publication 243

read:

IEC 243-1 (1988).

Page 35

20.1 Apparatus

In the first line, instead of
Clause 5 of IEC Publication 243

read:

Clause 7 of IEC 243-1 (1988).

In the second line, instead of
Sub-clause 6.1.1

read:

Sub-clause 4.1.1.1.

Page 37

20.6 Procedure

In the first line, instead of
Sub-clause 7.1 of IEC Publication 243

read:

9.1 of IEC 243-1.

Dans la deuxième ligne, au lieu de

l'article 8

lire:

l'article 10.

In the second line, instead of

Clause 8 of IEC Publication 243.

read:

Clause 10 of IEC 243-1.

20.7 Résultats

Dans la première ligne, au lieu de

l'article 11 de la Publication 243 de la CEI

lire:

l'article 12 de la CEI 243-1.

20.7 Results

In the first line, instead of

Clause 11 of IEC Publication 243

read:

Clause 12 of IEC 243-1.

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1. Remarques générales concernant les essais	6
2. Epaisseur	6
3. Masse volumique apparente	8
4. Résistance à la traction et à l'allongement	10
5. Résistance au déchirement interne	10
6. Résistance au déchirement des bords	12
7. Compressibilité	14
8. Flexibilité	16
9. Stabilité dimensionnelle	16
10. Cohésion entre couches	18
11. Teneur en humidité	20
12. Teneur en cendres	20
13. Conductivité de l'extrait aqueux	20
14. pH de l'extrait aqueux	22
15. Conductivité de l'extrait organique	24
16. Contamination des diélectriques liquides	26
17. Absorption d'huile	28
18. Voies conductrices	30
19. Présence de particules métalliques	32
20. Rigidité diélectrique	32
21. Rigidité diélectrique sous courant continu (à l'étude)	36
22. Rigidité diélectrique sous courant de choc (à l'étude)	36
FIGURES	39

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1. General notes on tests.	7
2. Thickness	7
3. Apparent density	9
4. Tensile strength and elongation.	11
5. Internal tearing resistance	11
6. Edge tearing resistance	13
7. Compressibility	15
8. Flexibility	17
9. Shrinkage	17
10. Cohesion between plies	19
11. Moisture content	21
12. Ash content	21
13. Conductivity of aqueous extract	21
14. pH of aqueous extract	23
15. Conductivity of organic extract	25
16. Contamination of liquid dielectrics	27
17. Oil absorption	29
18. Conducting paths.	31
19. Presence of metallic particles	33
20. Electric strength	33
21. D.C. electric strength (under consideration)	37
22. Impulse electric strength (under consideration)	37
FIGURES	39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SPÉCIFICATION POUR LE CARTON COMPRIMÉ
ET LE PAPIER COMPRIMÉ À USAGES ÉLECTRIQUES**

Deuxième 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 l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Sous-comité 15C: Spécifications, du Comité d'Etudes N° 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à La Haye en 1975. A la suite de cette réunion, un projet, document 15C(Bureau Central)56, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mai 1975.

Des modifications, document 15C(Bureau Central)67, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en août 1977.

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

Afrique du Sud (République d')
Allemagne
Australie
Autriche
Belgique
Brésil
Canada
Corée (République démocratique
populaire de)
Danemark
Egypte
Etats-Unis d'Amérique
Finlande

France
Israël
Japon
Pologne
Portugal
Royaume-Uni
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques
Yougoslavie

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n°s 243: Méthodes d'essai recommandées pour la détermination de la rigidité diélectrique des matériaux isolants solides aux fréquences industrielles.
- 247: Cellules recommandées pour la mesure de la résistivité des liquides isolants et technique de nettoyage des cellules.
- 250: Méthodes recommandées pour la détermination de la permittivité et du facteur de dissipation des isolants électriques aux fréquences industrielles, audibles et radioélectriques (ondes métriques comprises).
- 296: Spécification des huiles isolantes neuves pour transformateurs et interrupteurs.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SPECIFICATION FOR PRESSBOARD AND PRESSPAPER
FOR ELECTRICAL PURPOSES**

Part 2: Methods of test

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 international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 15C, Specifications, of IEC Technical Committee No. 15, Insulating Materials.

A first draft was discussed at the meeting held in The Hague in 1975. As a result of this meeting, a draft, Document 15C(Central Office)56, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in May 1975.

Amendments, Document 15C(Central Office)67, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in August 1977.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia
Austria
Belgium
Brazil
Canada
Czechoslovakia
Denmark
Egypt
Finland
France
Germany
Israel
Japan

Korea (Democratic People's
Republic of)
Poland
Portugal
South Africa (Republic of)
Switzerland
Turkey
Union of Soviet Socialist
Republics
United Kingdom
United States of America
Yugoslavia

Other IEC publications quoted in this standard:

- Publications Nos. 243: Recommended Methods of Test for Electric Strength of Solid Insulating Materials at Power Frequencies.
- 247: Recommended Test Cells for Measuring the Resistivity of Insulating Liquids and Methods of Cleaning the Cells.
- 250: Recommended Methods for the Determination of the Permittivity and Dielectric Dissipation Factor of Electrical Insulating Materials at Power, Audio and Radio Frequencies Including Metre Wavelengths.
- 296: Specification for New Insulating Oils for Transformers and Switchgear.

SPÉCIFICATION POUR LE CARTON COMPRIMÉ ET LE PAPIER COMPRIMÉ À USAGES ÉLECTRIQUES

Deuxième partie: Méthodes d'essai

INTRODUCTION

La présente norme fait partie d'une série traitant des cartons comprimés et des papiers comprimés non stratifiés, teintés ou de couleur naturelle, avec finition calandree ou non calandree et fournis à l'état non imprégné.

Le carton comprimé du type précomprimé est inclus.

La série ne traite ni du carton de paille ni du matériau stratifié (obtenu par combinaison de plusieurs feuilles de carton comprimé avec un adhésif).

Cette série comprendra trois parties décrivant:

1. Les définitions et les prescriptions générales.
2. Les méthodes d'essai.
3. Les spécifications pour les matériaux particuliers.

1. Remarques générales concernant les essais

Sauf spécification contraire, une fois coupées, les éprouvettes seront conditionnées sous une atmosphère de 23 ± 2 °C avec humidité relative de 50% et seront ensuite soumises à l'essai sous la même atmosphère. Sauf spécification contraire, la tolérance d'humidité relative sera de $\pm 5\%$ et la période de conditionnement sera de 16 h au moins. En cas de controverse, le conditionnement sera réalisé à partir du côté sec après séchage à 70 °C jusqu'à ce que l'atmosphère de conditionnement produise une augmentation de poids sur l'éprouvette; la durée du conditionnement selon l'épaisseur nominale sera la suivante:

épaisseur nominale (mm)	$\leq 0,5$	$\leq 1,0$	$\leq 2,0$	≤ 3	> 3
temps (h)	48	72	96	120	240

2. Epaisseur

2.1 Appareil d'essai

- 2.1.1 Micromètre de précision à vis extérieure, ayant des touches de 6 mm à 8 mm de diamètre. Ces faces seront planes à 0,001 mm près et parallèles à 0,003 mm près. Le pas de la vis sera de 0,5 mm et le cylindre sera gradué de 50 divisions de 0,01 mm pour permettre des lectures avec une estimation de 0,002 mm. La pression exercée sur les éprouvettes sera de 0,1 MPa à 0,2 MPa (10 N/cm² à 20 N/cm²).

SPECIFICATION FOR PRESSBOARD AND PRESSPAPER FOR ELECTRICAL PURPOSES

Part 2: Methods of test

INTRODUCTION

This standard is one of a series which deals with solid pressboard and presspaper, dyed or natural coloured, having a calendered or non-calendered finish and supplied in an unimpregnated condition.

Pre-compressed pressboard is included.

The series does not deal with strawboard or laminated material (made by combining two or more thicknesses of material with an adhesive).

The series will have three parts describing:

1. Definitions and general requirements.
2. Methods of test.
3. Specifications for individual materials.

1. General notes on tests

Unless otherwise specified, the test specimens, after being cut, shall be conditioned in an atmosphere of $23 \pm 2^\circ\text{C}$ and 50% r.h. and then tested in this atmosphere. Unless otherwise specified, the tolerance in the r.h. shall be $\pm 5\%$ and the conditioning period shall be not less than 16 h. In case of dispute, the conditioning shall be approached from the dry side after drying at 70°C for a period sufficient to ensure that the conditioning atmosphere produces a weight increase in the test specimen; the duration of the conditioning in relation to the nominal thickness shall be:

nominal thickness (mm)	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 3	> 3
time (h)	48	72	96	120	240

2. Thickness

2.1 Test apparatus

- 2.1.1 An external screw type micrometer having measuring faces of 6 mm to 8 mm diameter. The measuring faces shall be flat to within 0.001 mm and parallel to within 0.003 mm. The pitch of the screw shall be 0.5 mm and the graduations shall be 50 divisions of 0.01 mm, enabling readings to be estimated to 0.002 mm. The pressure exerted on the specimens shall be 0.1 MPa to 0.2 MPa (10 N/cm² to 20 N/cm²).

- 2.1.2 Un micromètre à cadran de précision et à poids, possédant deux surfaces circulaires concentriques meulées et rodées, planes à 0,001 mm près et parallèles à 0,003 mm près. La surface supérieure aura de 6 mm à 8 mm de diamètre. La surface inférieure sera plus grande que l'autre. La surface supérieure se déplacera perpendiculairement au plan de chaque surface. Le cadran sera gradué pour permettre la lecture directe jusqu'à 0,002 mm. Le bâti du micromètre aura une rigidité telle qu'une force de 15 N appliquée au boîtier du cadran, sans contact ni avec le poids ni avec l'axe de la touche mobile, pourra entraîner une déviation du bâti ne dépassant pas 0,002 mm, d'après l'indication du cadran. La pression exercée sur l'éprouvette sera de 0,1 MPa (10 N/cm²).
- 2.1.3 La jauge de réglage utilisée pour vérifier les appareils de mesure sera précise à $\pm 0,001$ mm de l'épaisseur nominale. L'épaisseur indiquée par les appareils ne différera pas de plus de 0,005 mm de celle de la jauge.

2.2 Mode opératoire

Mesurer l'épaisseur du carton comprimé ou du papier comprimé, à l'état de réception, au moyen de l'un des appareils décrits au paragraphe 2.1, en des points situés au moins à 20 mm des bords.

Pour les cartons, le nombre de mesures sera de huit: deux le long de chaque bord. Pour le papier comprimé en rouleaux, la Recommandation ISO/R 534 peut être suivie. Pour la mesure dans le sens transversal, le nombre de mesures sera de cinq par mètre de largeur.

En cas de contestation, découper une bande de 40 mm de large dans toute la largeur du matériau et, sur cette bande, couper huit éprouvettes à intervalles égaux, chaque éprouvette ayant au moins 40 mm de long. Conditionner les éprouvettes conformément à l'article 1 et mesurer l'épaisseur de chacune en un point proche du centre de chaque éprouvette, au moyen de l'appareil décrit au paragraphe 2.1.2.

2.3 Expression des résultats

Consigner la valeur médiane des mesures ainsi que les valeurs minimale et maximale obtenues.

3. Masse volumique apparente

L'essai sera effectué sur trois éprouvettes conditionnées; chacune d'elle fera l'objet d'une détermination.

Utiliser des éprouvettes rectangulaires d'une surface minimale de 100 cm² et déterminer la masse de chacune à 1 mg près. Calculer la surface de chaque éprouvette d'après deux mesures de la longueur et deux autres de la largeur, prises en des points distants d'au moins 12 mm des coins.

Déterminer l'épaisseur à l'aide de huit mesures faites avec l'un des appareils décrits au paragraphe 2.1 en des points également espacés le long des côtés et situés au moins à 20 mm des bords et calculer la valeur moyenne.

La masse volumique apparente (rapport entre la masse et le volume) est exprimée en grammes par centimètre cube.

La valeur médiane est prise comme résultat; les deux autres valeurs étant consignées.

2.1.2 A dead weight dial-type micrometer having two ground and lapped concentric circular surfaces flat to within 0.001 mm and parallel to within 0.003 mm. The upper surface shall be 6 mm to 8 mm in diameter. The lower surface shall be larger than the upper surface. The upper surface shall move on the axis perpendicular to the surfaces. The dial shall be graduated to read directly to 0.002 mm. The frame of the micrometer shall be of such rigidity that a force of 15 N applied to the dial housing, out of contact with either the weight or the presser foot spindle, will produce a deflection of the frame not greater than 0.002 mm as indicated on the micrometer dial. The pressure exerted on the specimen shall be 0.1 MPa (10 N/cm²).

2.1.3 The setting gauge used to check the instruments shall be accurate to within ± 0.001 mm of nominal size. The thickness indicated by the instruments shall not differ by more than 0.005 mm from the gauge block.

2.2 Procedure

Measure the thickness of the pressboard or the presspaper in the as received condition using one of the instruments described in Sub-clause 2.1 at points not less than 20 mm from the edges.

For boards, the number of measurements shall be eight, two along each edge. For presspaper in rolls, ISO Recommendation R 534 may be followed. When measuring across the width, the number of measurements shall be five per metre width.

In case of dispute, cut a strip 40 mm wide across the full width of the material and, from this strip, at eight equally spaced positions, cut eight test specimens, each not less than 40 mm long. Condition the test specimens in accordance with Clause 1 and measure the thickness of each specimen at a point near the centre of each test specimen using the instrument described in Sub-clause 2.1.2.

2.3 Results

Report the central value of the measurements and the minimum and maximum values obtained.

3. Apparent density

The test shall be carried out on three conditioned specimens; one determination is made on each of the three specimens.

Use rectangular specimens of area not less than 100 cm² and determine the mass of each to an accuracy of 1 mg. Calculate the area of each test piece from two measurements of length and two of width taken at points at least 12 mm from the corners.

Determine the thickness by making eight measurements with one of the instruments described in Sub-clause 2.1 at points equally spaced round the sides and at least 20 mm from the edges and calculate the mean value.

Express the apparent density (the mass/volume ratio) as grams per cubic centimetre.

The central value is taken as the result; the other two are reported.

4. Résistance à la traction et à l'allongement

Principe

Mesure de la force de traction nécessaire pour provoquer la rupture d'éprouvettes de 15 mm sur 250 mm, coupées dans chacun des deux sens du papier, lorsque cette force est appliquée dans des conditions d'essai normalisées.

La résistance à la traction, exprimée en newtons par millimètre carré, se calcule à l'aide de la formule:

$$\sigma = \frac{F}{w \cdot a}$$

où:

F = force en newtons

w = largeur de l'éprouvette en millimètres

a = épaisseur de l'éprouvette en millimètres

4.1 Détermination sur des éprouvettes non pliées

La résistance à la traction et à l'allongement sera mesurée conformément à la méthode décrite dans la Norme ISO 1924.

Différences par rapport à la Norme ISO 1924:

- Neuf mesures sont effectuées sur des éprouvettes coupées dans le sens machine et dans le sens transversal.
- Les valeurs médianes sont prises comme résultat; les valeurs supérieure et inférieure sont consignées.

4.2 Détermination sur des éprouvettes pliées

Les éprouvettes sont pliées à la main, au milieu de leur longueur et à angles droits par rapport au bord longitudinal, comme illustré à la figure 1a, page 39. Elles sont ensuite poussées entre les rouleaux de l'appareil de pliage, illustré à la figure 2, page 39, dans le sens longitudinal de l'éprouvette, le bord longitudinal de cette dernière se trouvant contre le guide. L'éprouvette pliée est alors pliée manuellement, comme le montre la figure 1b, page 39, avant d'être de nouveau poussée entre les rouleaux de l'appareil de pliage. En l'occurrence, les rouleaux doivent saisir l'éprouvette à une distance d'environ 20 mm avant le pli. L'éprouvette est ensuite dépliée et soumise à l'essai conformément au paragraphe 4.1.

5. Résistance au déchirement interne

La résistance au déchirement interne sera mesurée conformément à la méthode décrite dans la Norme ISO 1974.

Un appareil de mesure de la résistance au déchirement simple sera utilisé.

Différences par rapport à la Norme ISO 1974:

- Neuf éprouvettes sont prélevées dans chaque sens.
- La valeur médiane de chaque série est prise comme résultat; les valeurs supérieure et inférieure sont consignées.

4. Tensile strength and elongation

Principle

Measurement of the tensile force required under standardized test conditions to cause failure of specimens 15 mm by 250 mm cut from both directions of the material.

The tensile strength in newtons per square millimetre is calculated by the formula:

$$\sigma = \frac{F}{w \cdot a}$$

where:

F = force in newtons

w = width of the specimen in millimetres

a = thickness of the specimen in millimetres

4.1 *Determination with unfolded specimens*

Tensile strength and elongation shall be measured according to the method described in ISO Standard 1924.

Deviations from ISO Standard 1924:

- Nine measurements are made on test pieces cut in the machine direction and in the cross machine direction.
- The central values are taken as the results, the highest and lowest values are reported.

4.2 *Determination with folded specimens*

The specimens are bent over by hand in the middle of their length and at right angles to the longitudinal edge of the specimen as shown in Figure 1a, page 39. They are then fed through the rollers of the folding apparatus illustrated in Figure 2, page 39, with the longitudinal edge of the specimen lying against the guide. Following this, the folded specimen is bent by hand as shown in Figure 1b, page 39, and again passed through the rollers of the folding apparatus. For this purpose, the rollers should grip the specimen about 20 mm in front of the fold. After unfolding, the specimen is tested according to Sub-clause 4.1.

5. Internal tearing resistance

Internal tearing resistance shall be measured according to the method described in ISO Standard 1974.

A single tear tester shall be used.

Deviations from ISO Standard 1974:

- Nine specimens are taken from each direction.
- The central values are taken as results, the highest and lowest values are reported.

Principe

Mesurer l'énergie nécessaire pour déchirer des éprouvettes rectangulaires comportant une seule entaille, laissant une longueur de 43 mm à déchirer.

6. Résistance au déchirement des bords

6.1 Appareil d'essai

Un étrier de déchirement des bords (voir figure 5, page 41), fixé à l'appareil d'essai de traction décrit à l'article 4, sera utilisé. L'étrier de déchirement des bords est constitué par une mince plaque d'acier (A) formant un support horizontal dont le bord repose sur les extrémités d'un bâti à fourche.

La mince soie métallique du bâti de l'étrier est fixée dans la mâchoire inférieure de l'appareil d'essai de traction, de telle sorte que la ligne médiane verticale de l'étrier coïncide avec la ligne imaginaire reliant les points centraux des mâchoires supérieure et inférieure. La plaque horizontale peut être retirée du bâti de l'étrier: deux plaques d'épaisseur différente sont fournies en vue de l'essai de matériaux d'épaisseurs différentes. L'une des plaques a une épaisseur de $1,25 \pm 0,05$ mm, tandis que celle de l'autre est de $2,50 \pm 0,05$ mm. Le bord de la plaque forme une entaille en V, peu profonde, dont les côtés sous-tendent un angle de $150 \pm 1^\circ$. En outre, les côtés de l'entaille en V, vus en coupe, présentent une forme hémisphérique; ils devront être parfaitement lisses et rectilignes.

6.2 Eprouvettes

Les éprouvettes seront coupées dans le sens machine et dans le sens transversal; au nombre de neuf, elles auront de 15 mm à 25 mm de large et au moins 250 mm de long dans chaque direction.

Les éprouvettes seront conditionnées conformément à l'article 1.

6.3 Mode opératoire

Fixer une plaque d'épaisseur convenable sur le bâti de l'étrier. On montera une plaque de $1,25 \pm 0,05$ mm pour un matériau de 0,75 mm d'épaisseur maximale, ou bien une plaque de $2,50 \pm 0,05$ mm pour les matériaux plus épais.

Fixer la soie mince de l'étrier dans la mâchoire inférieure (voir la note) de l'appareil d'essai de résistance à la traction, de telle sorte que la ligne médiane verticale de l'étrier coïncide avec la ligne imaginaire reliant les points centraux des mâchoires supérieure et inférieure de l'appareil d'essai, et que les côtés de l'entaille en V soient disposés symétriquement par rapport à la ligne passant par ces points centraux.

Note. — Au besoin, l'étrier pourra être fixé dans la mâchoire supérieure. Dans ce cas, il faudra rééquilibrer l'appareil d'essai de résistance à la traction pour compenser la masse dans l'étrier.

Placer la mâchoire inférieure de l'appareil de telle sorte que le bord inférieur de la mâchoire supérieure se trouve à 90 mm au-dessus de la plaque portant l'entaille en V.

Faire passer l'éprouvette dans l'étrier, sous la plaque, et réunir les deux extrémités pour les fixer dans la mâchoire supérieure.

Cela aura pour effet de résorber la majeure partie du mou de l'éprouvette; il faudra cependant prendre garde de ne pas exercer une force de déchirement. Dans la mesure du possible, les premières

Principle

Measurement of the energy required to tear rectangular specimens having a single cut leaving a 43-mm length to be torn.

6. Edge tearing resistance

6.1 Test apparatus

An edge tear stirrup (see Figure 5, page 41) shall be used, attached to the tensile testing apparatus as described in Clause 4. The edge tear stirrup consists of a thin steel plate (A) which forms a horizontal plate supported on edge by the ends of a stirrup-shaped frame.

The thin metal tang of the stirrup frame is fastened in the lower clamp of the tension testing machine, so that the vertical centre line of the stirrup coincides with the line connecting the midpoints of the upper and lower clamps. The horizontal plate is removable from the stirrup frame and two plates of different thickness are supplied for use with materials of different thickness ranges. One plate has a thickness of 1.25 ± 0.05 mm and one plate a thickness of 2.50 ± 0.05 mm. The edge of the plate forms a shallow V-notch, the sides of which subtend an angle of $150 \pm 1^\circ$. The sides of the V-notch are semicircular in cross-section and shall be smooth and straight.

6.2 Test pieces

Nine test pieces shall be cut in the machine direction and nine in the cross machine direction, 15 mm to 25 mm in width and not less than 250 mm in length.

The test pieces shall be conditioned according to Clause 1.

6.3 Procedure

Attach a plate of the proper thickness to the stirrup frame. The plate with the thickness of 1.25 ± 0.05 mm is to be used for material of up to 0.75 mm in thickness and the plate with the thickness of 2.50 ± 0.05 mm for thicker materials.

Fasten the thin tang of the stirrup in the lower clamp (see note) of the tension-testing machine so that the vertical centre line of the stirrup coincides with the line connecting the mid-points of the upper and lower clamps of the testing machine, and so that the sides of the V-notch are symmetrically located with the line through the mid-points of the clamps.

Note. — The stirrup may be fastened in the upper clamp, if desired. This procedure will require rebalancing the tension-testing machine to compensate for the mass of the stirrup.

Place the lower clamp of the machine so that the lower edge of the upper clamp is about 90 mm above the V-notched plate.

Thread the test piece through the stirrup, under the plate, and bring the two ends together and fasten them in the upper clamp.

In this operation, most of the slack in the test piece is taken up, but care shall be exercised not to apply a tearing force to the test piece. Make the application of the first increments of load to the

augmentations de la charge appliquée à l'éprouvette seront réalisées très doucement, afin d'éviter les contraintes anormales dues aux effets d'inertie. Augmenter la charge pour que le déchirement se produise entre 5 s et 15 s; consigner cette charge, exprimée en newtons.

6.4 Résultats

Consigner les valeurs médianes, exprimées en newtons, pour chacun des deux sens, avec mention de l'épaisseur de la plaque utilisée, de la vitesse d'application de la charge, ainsi que de la largeur et de l'épaisseur des éprouvettes.

7. Compressibilité

7.1 Principe

Pour déterminer la compressibilité du carton comprimé et du papier comprimé, un empilage de plusieurs éprouvettes est soumis à une faible pression (pression de tassement), cette pression étant ensuite augmentée pour atteindre une valeur déterminée (pression finale). Le changement d'épaisseur de l'empilage, exprimé en pourcentage, donne la mesure de la compressibilité du matériau.

7.2 Eprouvettes

Une quantité de matériau suffisante pour la préparation de l'éprouvette requise est séchée dans une étuve portée à $105 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 4 h. L'étuve est ensuite vidée jusqu'à 1 torr environ. La durée complète de séchage est de 24 h.

7.3 Conditions relatives au matériel d'essai

La surface de l'éprouvette soumise à la compression sera d'au moins 625 mm^2 . La hauteur de l'éprouvette (empilage) sera d'au moins 25 mm, avec un maximum de 85 mm.

La pression de tassement sera de 1 N/mm^2 et sera appliquée pendant 5 min.

La pression finale sera de 20 N/mm^2 et sera appliquée pendant 5 min. Puis la pression est réduite à $1,0\text{ N/mm}^2$ et appliquée pendant 5 min.

7.4 Résultats

Compressibilité:

$$C = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \times 100\%$$

Tension résiduelle:

$$R.S. = \frac{h_0 - h_2}{h_0} \times 100\%$$

Portion réversible de la compressibilité:

$$C_{\text{rev}} = \frac{h_2 - h_1}{h_1} \times 100\%$$

où:

h_0 = épaisseur de l'empilage sous la pression de tassement

h_1 = épaisseur de l'empilage sous la pression finale

h_2 = épaisseur de l'empilage après réduction de la pression finale à la pression de tassement

test piece very slowly if possible, to minimize abnormal strains due to inertia effects. Increase the load so that tearing starts in 5 s to 15 s and record this load in newtons.

6.4 Results

Report the central values for each of the two directions in newtons, mentioning the thickness of the plate used, the rate of loading and the width and thickness of the test pieces.

7. Compressibility

7.1 Principle

To determine the compressibility of pressboard and presspaper, a pad of test specimens is subjected to a low pressure (bedding pressure), followed by an increase to a defined value (final pressure). The percentage change in thickness of the pad is a measure of compressibility of the material.

7.2 Test specimens

A quantity of material sufficient to prepare the required test specimens is dried in an oven at 105 ± 2 °C for 4 h. The oven is then evacuated at approximately 1 torr. The complete drying period is 24 h.

7.3 Requirements of the test equipment

The area of the test specimens under compression shall be at least 625 mm². The height of the specimen (pad) shall be at least 25 mm with a maximum of 85 mm.

The bedding pressure shall be 1 N/mm² and shall be applied for 5 min.

The final pressure shall be 20 N/mm² and shall be applied for 5 min. Then the pressure shall be reduced to 1.0 N/mm² and applied for 5 min.

7.4 Results

Compressibility:

$$C = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \times 100\%$$

Residual strain:

$$R.S. = \frac{h_0 - h_2}{h_0} \times 100\%$$

Reversible amount of compressibility:

$$C_{rev} = \frac{h_2 - h_1}{h_1} \times 100\%$$

where:

h_0 = thickness of the pad under bedding pressure

h_1 = thickness of pad under final load

h_2 = thickness of the pad after reducing the final pressure to the bedding pressure

8. Flexibilité

8.1 Epreuves

Trois éprouvettes de 25 mm × 300 mm sont découpées dans le carton soumis à l'essai, tant dans le sens machine que dans le sens transversal. Avant de procéder à la coupe, il faut s'assurer qu'aucune partie de l'éprouvette ne se situe à moins de 25 mm du bord du carton à l'état de réception.

8.2 Essai de pliage pour des épaisseurs ne dépassant pas 0,5 mm

L'éprouvette est pliée sur 360°, comme exposé au paragraphe 4.2. Cette opération est répétée alternativement dans des sens opposés un certain nombre de fois, comme spécifié dans la Publication 641-3 de la CEI (à l'étude). Ensuite, l'éprouvette est examinée sur toute sa largeur et sur les deux faces de façon à déceler tout clivage ou cassure qui se serait produit à l'endroit du pli.

8.3 Essai de courbure

Chaque éprouvette est lentement recourbée à 90° autour d'un mandrin dont le diamètre sera spécifié dans la Publication 641-3 de la CEI.

Cet essai doit être effectué manuellement et il faut veiller à ce que l'éprouvette soit courbée doucement et bien contre le mandrin de façon à assurer, autant que possible, la reproductibilité des résultats.

La courbure est ensuite examinée sur chaque éprouvette, pour déceler tout clivage ou craquelure de l'une ou de l'autre face, ou bien encore toute trace d'effritement le long des plis.

9. Stabilité dimensionnelle

Epreuves

Découper six éprouvettes mesurant 50 mm × 300 mm, trois dans le sens machine et les trois autres dans le sens transversal.

Mode opératoire

Conditionner les éprouvettes conformément à l'article 1 et mesurer leur longueur et leur épaisseur. Une mesure est faite sur la longueur de chaque éprouvette et une mesure sur l'épaisseur qui doit être faite à au moins 20 mm d'un bord.

Chauffer les éprouvettes dans une étuve ventilée à 105 ± 2 °C.

Le temps de séchage varie selon l'épaisseur nominale comme suit:

épaisseur nominale (mm)	≤0,5	>0,5 à 1,5	>1,5 à 5	>5
temps (h)	6 à 24	24	48	72

Après refroidissement jusqu'à la température ambiante dans un dessiccateur, la longueur et l'épaisseur sont de nouveau mesurées.

Résultats

Calculer le retrait dans le sens de la longueur, pour le sens machine et pour le sens transversal, et exprimer le changement dimensionnel en pour cent des mesures initiales, sur les éprouvettes conditionnées.

8. Flexibility

8.1 Test specimens

Three test specimens 25 mm × 300 mm shall be cut from both the machine direction and cross machine direction of the material under test. In cutting these, ensure that no part of any test specimen is in a position less than 25 mm from the edge of the material as received.

8.2 Folding test for thickness up to and including 0.5 mm

The test specimen is folded through 360° as described in Sub-clause 4.2. This operation is repeated alternatively in reverse directions for a number of folds as specified in IEC Publication 641-3 (under consideration). Hereafter, the surface of each test specimen is examined for evidence of splitting or parting of either surface ply across the full width of the test specimen.

8.3 Bending test

Each test specimen shall be bent slowly through 90° around a mandrel of a diameter specified in IEC Publication 641-3.

This test is to be made manually and care taken to ensure that the test specimen is bent smoothly and closely to the mandrel to make the results as reproducible as possible.

In each test specimen the bend is examined for evidence of splitting or cracking of either surface or delamination along the plies.

9. Shrinkage

Test specimens

Cut six specimens measuring 50 mm × 300 mm, three being in the machine direction and three in the cross direction.

Procedure

Condition the specimens according to Clause 1 and measure their length and thickness, one measurement being made of the length of each specimen and one of the thickness which shall be made at a point not less than 20 mm from an edge.

Heat the test specimens in a ventilated oven at 105 ± 2 °C.

The drying time shall be as follows:

nominal thickness (mm)	≤0.5	>0.5 to 1.5	>1.5 to 5	>5
time (h)	6 to 24	24	48	72

After cooling to room temperature in a desiccator, the length and thickness are measured again.

Results

Calculate the shrinkage in length for the machine direction and for the cross direction as the percentage change in dimensions on the original measurements of the conditioned test specimens.

La valeur médiane est prise pour résultat dans chaque sens et les deux autres valeurs sont consignées.

Pour la réduction d'épaisseur, la valeur médiane est prise comme résultat et les valeurs supérieure et inférieure sont consignées.

10. Cohésion entre couches

10.1 *Par séparation suivie d'un examen visuel*

10.1.1 *Eprouvettes*

L'éprouvette mesurera environ 75 mm × 75 mm. Pour la couper, il faut s'assurer qu'aucune partie de l'éprouvette ne se trouve à moins de 25 mm du bord du carton.

10.1.2 *Mode opératoire*

A l'aide d'un moyen technique convenable, cliver l'un des coins de l'éprouvette en deux parties d'épaisseur similaire, puis achever la séparation en tirant les deux parties de l'éprouvette avec les doigts.

Voir si la séparation présente une rupture ou une déchirure d'un ou de plusieurs plis, ou bien encore si les surfaces déchirées ont un aspect nettement pelucheux ou filamenteux.

10.2 *Par mesure de l'adhérence*

10.2.1 *Appareil d'essai*

Une machine d'essai d'adhérence entre couches ou une machine d'essai à la traction (voir également paragraphe 4.1), de préférence du type à pendule entraîné par moteur, ayant une gamme utile allant de 0 à 10 N pour les essais. Les mâchoires auront une largeur minimale de 50 mm, avec la condition particulière que l'écartement des mâchoires au début de l'essai ne pourra dépasser 30 mm.

10.2.2 *Eprouvettes*

Cinq éprouvettes sont nécessaires, conditionnées conformément à l'article 1; elles mesureront 50 mm × 200 mm. La longueur des éprouvettes sera perpendiculaire au sens machine du papier.

10.2.3 *Méthode d'essai*

Commencer la séparation des plis à la main, sur la largeur de 50 mm de l'éprouvette, aussi près que possible du milieu de l'épaisseur de l'éprouvette. On peut utiliser à cet effet un crayon à pointe fine. Après le délaminage sur les 50 mm de large, poursuivre sur environ 20 mm des 200 mm de longueur de l'éprouvette. Replier les extrémités séparées dans une position perpendiculaire au sens longitudinal de l'éprouvette et introduire ces extrémités dans les mâchoires de la machine d'essai tout en maintenant manuellement à angle droit la portion encore solidaire de l'éprouvette puis faire démarrer la machine.

Pour maintenir l'angle de 90° entre les portions séparées et non séparées de l'éprouvette pendant la traction, il convient de maintenir la portion non séparée légèrement entre les doigts, à proximité du point de séparation. Si l'on utilise une machine à pendule, laisser le pendule se balancer librement, sans utiliser les cliquets. La vitesse de la mâchoire entraînée de l'appareil d'essai étant réglée à 300 mm/min, faire effectuer par la machine la séparation de l'éprouvette sur au moins 75 mm de sa longueur et noter les résultats maximal et minimal ainsi que la moyenne.

The central value is taken as the result in each direction, the two other values are reported.

For shrinkage in thickness, the central value is taken as the result and the highest and lowest values are reported.

10. Cohesion between plies

10.1 *By splitting followed by visual examination*

10.1.1 *Test specimen*

The test specimen shall be approximately 75 mm × 75 mm. In cutting this, ensure that no part of the test specimen is in a position less than 25 mm from the edge of the board.

10.1.2 *Method*

Split one corner of the test specimen by a suitable technique into two parts of similar thickness and complete the separation by pulling the test specimen with the fingers.

Examine whether the split shows a rupture or tear of one or more plies, or if the torn surfaces show a distinctly hairy or ragged appearance.

10.2 *By measurement of adhesion*

10.2.1 *Apparatus*

A ply adhesion testing machine or a tensile machine (see also Sub-clause 4.1), preferably of the power-driven pendulum type with a useful test range of 0 to 10 N. The jaws shall be 50 mm or more in width, with the special requirement of there not being more than a 30-mm jaw separation at the beginning of the test.

10.2.2 *Test specimens*

Five test specimens are necessary, conditioned in accordance with Clause 1 and having dimensions of 50 mm × 200 mm. The length direction of the test specimens shall be perpendicular to the machine direction of the paper.

10.2.3 *Method*

Begin ply separation across the 50 mm width of a test specimen by hand, as near as possible to the centre lamination of the test specimen. A sharp pointed lead pencil may be used for this purpose. After the delamination has been carried out across the 50 mm width, continue this for about 20 mm of the 200 mm length of the test specimen. Fold the separate ends in a position perpendicular to the length direction of the test specimen and insert those ends in the jaws of the testing machine holding the unseparated portion of the test specimen out at right angles by hand and start the machine.

To maintain the 90° relationship between the separated and unseparated portions of the test specimen during the pulling, it is necessary to hold the unseparated portion lightly between the fingers near the point of separation. If a pendulum machine is used, allow the pendulum to swing freely without use of the pawls. With the speed of the driven jaw of the testing machine set at 300 mm/min, separate the test specimen by means of the machine for at least 75 mm of its length and note the maximum, minimum and average readings.

Résultats

La cohésion entre couches est constituée par la médiane des cinq valeurs obtenues, exprimée en newtons par 10 mm de largeur. Les valeurs supérieure et inférieure seront consignées.

11. Teneur en humidité

La teneur en humidité du carton comprimé, à l'état de réception, sera mesurée conformément à la Recommandation ISO/R 287.

La méthode consiste à peser l'éprouvette au moment de l'échantillonnage et de nouveau après la période de séchage. Au lieu du séchage jusqu'à masse constante, on appliquera une période de séchage variant avec l'épaisseur nominale comme suit:

épaisseur nominale (mm)	$\leq 0,5$	$> 0,5$ à 1,5	$> 1,5$ à 5	> 5
temps (h)	6 à 24	24	48	72

La température de séchage sera de 105 ± 2 °C. La masse de l'éprouvette sera d'au moins 50 g. Trois éprouvettes seront prélevées. La valeur médiane obtenue sera considérée comme le résultat: les deux autres valeurs sont consignées.

En cas de contestation, l'essai sera effectué sur dix éprouvettes prélevées sur des portions différentes de l'envoi, conformément à une méthode d'échantillonnage faisant l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

12. Teneur en cendres

La quantité de résidu de carton subsistant après l'incinération du matériau à l'état de réception sera déterminée conformément à la méthode décrite dans la Norme ISO 2144. La masse de l'éprouvette sera de 5 g. Trois déterminations seront effectuées. Consigner la valeur médiane comme le résultat sur le matériau séché à l'étuve (calculée selon la procédure de séchage prescrite à l'article 11); les deux autres valeurs sont consignées.

13. Conductivité de l'extrait aqueux

13.1 Appareil d'essai

- Une cellule conductrice dont la constante K est connue.
- Un indicateur capable de mesurer la conductance ou l'admittance, avec une indication minimale de $1 \mu\text{S}$ et à 5% près, dans la gamme de fréquences entre 50 Hz et 3 000 Hz. En variante, la résistance pourra être mesurée avec la même précision.
- Des flacons coniques de 250 cm³, à large goulot, en verre résistant aux acides et aux alcalis, équipés de condenseurs à reflux.

13.2 Mode opératoire

La détermination sera effectuée sur le matériau tel qu'il est réceptionné. Il sera procédé à trois extractions dont chacune fera l'objet d'une mesure. Un essai témoin sera préalablement effectué sur de l'eau ayant bouilli pendant 60 ± 5 min dans le flacon à utiliser. Si la conductivité de cette eau ne dépasse pas $200 \mu\text{S/m}$, le flacon pourra être utilisé. Si la conductivité dépasse cette valeur, on fera de nouveau bouillir de l'eau fraîche dans ce même flacon. Si la conductivité mesurée après le second essai dépasse $200 \mu\text{S/m}$, il faudra alors utiliser un autre flacon.

Results

Report as ply adhesion the central value of the five values obtained, expressed in newtons per 10 mm of width, and report the maximum and minimum values.

11. Moisture content

Moisture content of material, as received, shall be measured in accordance with ISO Recommendation R 287.

The method consists of weighing the test specimen at the time of sampling and again after a drying period. Instead of drying to constant mass, the drying period shall be as follows:

nominal thickness (mm)	≤ 0.5	> 0.5 to 1.5	> 1.5 to 5	> 5
time (h)	6 to 24	24	48	72

The temperature of drying shall be 105 ± 2 °C. The mass of the specimen shall be at least 50 g. Three test specimens shall be taken. The central value obtained is taken as the result, the two others are reported.

In case of dispute, the test shall be carried out on ten specimens taken from different portions of the consignment in accordance with a sampling method to be agreed upon between manufacturer and user.

12. Ash content

The amount of residue of material left after incineration of the material in the as received condition shall be determined according to the method described in ISO Standard 2144. The mass of the specimen shall be 5 g. Three determinations shall be made. Report the central value obtained as the result, based on the mass of oven dry material (calculated from the drying prescribed in Clause 11); the two others are reported.

13. Conductivity of aqueous extract

13.1 Test apparatus

- A conductivity cell with known cell constant K .
- A measuring instrument, capable of measuring conductance or admittance to a minimum reading of $1 \mu\text{S}$ with an accuracy of 5%, in the frequency range 50 Hz to 3 000 Hz. Alternatively, the resistance may be measured with the same accuracy.
- Wide-mouth 250 cm^3 conical flasks with reflux condensers in acid- and alkali-resistant glass.

13.2 Procedure

The determination is to be made on the material as received. One measurement shall be made on each of three extractions. First, a blank test shall be carried out on water which has been boiled for 60 ± 5 min in the flask to be used. If the conductivity of that water is not more than $200 \mu\text{S/m}$, the flask may be used. If the conductivity is more than this value, then the flask shall be boiled with a fresh portion of water. If the conductivity of the second test exceeds $200 \mu\text{S/m}$ then, another flask shall be used.

L'essai sur le carton sera effectué comme suit:

Découper un échantillon pesant environ 5 g, mais pas inférieur à 5 g, à partir de l'épaisseur totale du matériau à l'essai; le découper en morceaux mesurant environ 10 mm de côté et d'épaisseur inférieure à 1 mm. Peser 5 g de matière dans un flacon en verre de 250 cm³ équipé d'un condenseur à reflux et ajouter 100 cm³ d'une eau dont la conductivité ne dépasse pas 200 µS/m. L'eau sera maintenue en ébullition douce pendant 60 ± 5 min, puis laissée à refroidir dans le flacon jusqu'à la température ambiante. Il convient de prendre des précautions pour éviter l'absorption de l'anhydride carbonique contenu dans l'air.

L'extrait est ensuite décanté dans le récipient de mesure pour déterminer immédiatement la conductivité. Le récipient de mesure sera rincé à deux reprises avec l'extrait. La mesure de la conductivité sera effectuée sous une température de $23 \pm 0,5$ °C.

Note. — Pendant la prise, le stockage et les manipulations d'échantillons et d'éprouvettes, destinés à des essais de conductivité, de pH et de teneur en chlorure de l'extrait aqueux, il faut absolument éviter que ces échantillons soient contaminés par l'atmosphère, surtout par l'atmosphère du laboratoire chimique, ou par la manipulation à mains nues.

13.3 Résultats

Calculer la conductivité de la solution extraite comme suit:

$$\gamma = K(G_1 - G_2)$$

où:

γ = conductivité de la solution extraite, exprimée en microsiemens par mètre

K = constante de la cellule, exprimée en m⁻¹

G_1 = conductance de la solution extraite, exprimée en microsiemens

G_2 = conductance de l'éprouvette témoin, exprimée en microsiemens

Consigner la valeur médiane comme étant le résultat; les valeurs maximale et minimale seront consignées.

14. pH de l'extrait aqueux

14.1 Appareil d'essai

- Un pH-mètre avec des électrodes en verre et en calomel ayant une sensibilité minimale de 0,05 unité de pH.
- Des flacons coniques de 250 cm³, à large goulot, en verre résistant aux acides et aux alcalis.

14.2 Mode opératoire

Il sera procédé à trois extractions dont chacune fera l'objet d'une mesure.

Préparer un extrait comme cela est décrit au paragraphe 13.2.

L'extrait ne sera décanté qu'au moment de l'utilisation, afin d'éviter une exposition inutile à l'air ambiant. Etalonner le pH-mètre à l'aide d'une solution témoin dont le pH sera situé à 2 unités pH en plus ou en moins par rapport à celle de l'extrait. Retirer les électrodes de la solution témoin et les laver soigneusement en les rinçant à plusieurs reprises dans de l'eau distillée et une fois dans une petite quantité d'extrait.

The test on the board shall then be carried out as follows:

Cut a test specimen weighing approximately, but not less than 5 g, from the entire thickness of the material under test into pieces about 10 mm × 10 mm and of thickness less than 1 mm. Weigh 5 g into a 250 cm³ glass flask with a reflux condenser and add 100 cm³ water having a conductivity of not more than 200 µS/m. The water shall be boiled gently for 60 ± 5 min, and then cooled in the flask to room temperature. It is necessary to take precautions against the absorption of carbon dioxide from the air.

The extract is then decanted into the measuring vessel for the conductivity to be measured immediately. The measuring vessel shall be rinsed twice with the extract. The measurement of the conductivity shall be made at 23 ± 0.5 °C.

Note. — It is essential to ensure during the taking, storing and manipulation of specimens and test portions intended for test for conductivity, pH and chloride content of aqueous extract, that they are not contaminated either by the atmosphere, particularly the atmosphere of a chemical laboratory, or by handling with bare hands.

13.3 Results

Calculate the conductivity of the extract solution as follows:

$$\gamma = K (G_1 - G_2)$$

where:

γ = conductivity of extract solution, expressed in microsiemens per metre

K = cell constant, expressed in m⁻¹

G_1 = conductance of extract solution, expressed in microsiemens

G_2 = conductance of blank, expressed in microsiemens

Report the central value as the result; the highest and lowest values are reported.

14. pH of aqueous extract

14.1 Test apparatus

- A pH-meter with glass and calomel electrodes having a sensitivity of at least 0.05 pH units.
- Wide-mouth 250 cm³ conical flasks in acid- and alkali-resistant glass.

14.2 Procedure

One measurement shall be made on each of three extractions.

Prepare an extract as described in Sub-clause 13.2.

The extract shall be decanted only for immediate use, avoiding unnecessary exposure to the atmosphere. Calibrate the pH-meter with a buffer solution having a pH value within ±2 pH units of that of the extract. Remove the electrodes from the buffer solution and wash them well by rinsing several times in distilled water and once in a small quantity of extract.

Immerger les électrodes dans l'extrait non filtré et mesurer la valeur pH de celui-ci à une température de 23 ± 2 °C.

Notes 1. — Si l'extrait est destiné à être utilisé pour déterminer la conductivité, l'échantillon employé à cet effet sera prélevé sur l'extrait aqueux avant la détermination du pH. La raison en est que le chlorure de potassium dégagé par l'électrode de calomel fausserait le résultat.

2. — Voir la note du paragraphe 13.2.

14.3 Résultats

Consigner la valeur médiane comme étant le résultat; les valeurs maximale et minimale seront consignées.

15. Conductivité de l'extrait organique

Le but de cet essai est de déterminer la présence ou l'absence de matières organiques ionisables dans les matériaux isolants. La présence de ces matières est confirmée par l'accroissement de la conductivité de l'extrait organique (trichloréthylène), et l'on considère que l'essai est particulièrement important lorsqu'il est appliqué à des matériaux isolants destinés à être immergés dans des réfrigérants ou des imprégnants chlorés.

Note. — Pour les précautions à prendre, voir la note du paragraphe 13.2.

15.1 Appareil d'essai

Une cellule conductrice, définie dans la Publication 247 de la CEI: Cellules recommandées pour la mesure de la résistivité des liquides isolants et technique de nettoyage des cellules. L'instrument de mesure sera un multimégohmmètre électronique n'utilisant pas plus de 100 V en courant continu ou bien un galvanomètre sensible et un accumulateur.

Le solvant est du trichloréthylène du type réactif de laboratoire, qui a été purifié par agitation dans environ 1% par poids de terre à foulon ou d'un autre matériau, par exemple un gel de silice, et par filtrage à travers un filtre en verre fritté. On peut utiliser un filtre dont le diamètre maximal des pores s'établit entre 5 μm et 15 μm .

Note. — La terre à foulon perd son efficacité si on lui laisse absorber de l'humidité; elle peut être séchée par chauffage en atmosphère propre sous une température ne dépassant pas 120 °C.

Il est procédé à un essai témoin avant chaque extraction; si la conductivité résultante dépasse constamment 5×10^{-4} $\mu\text{S/m}$, il faut continuer à purifier le solvant jusqu'à ce que la conductivité reste en deçà de cette valeur.

Le trichloréthylène purifié est stable s'il est conservé dans l'obscurité ou dans un flacon de couleur brune mais il faudra toutefois en vérifier la conductivité avant de l'utiliser pour une extraction.

Pendant l'extraction et la mesure, le solvant doit être protégé contre tout éclairage puissant, surtout contre les rayons directs du soleil; il doit être conservé dans l'obscurité.

15.2 Mode opératoire

Une détermination sera effectuée sur chacune des extractions qui seront au nombre de trois. L'extrait est préparé par traitement du matériau soumis à l'essai, comme décrit pour la conductivité de l'extrait aqueux du paragraphe 13.2; les éprouvettes sont chauffées doucement à l'air libre pendant 2 h environ sous une température de 80 °C à 100 °C, de manière à éliminer toute quantité

Immerse the electrodes in the unfiltered extract and measure the pH value of the extract at $23 \pm 2^\circ\text{C}$.

Notes 1. — If the extract is to be used for the determination of conductivity, the sample for this determination should be drawn from the aqueous extract prior to the pH determination. This is because potassium chloride, which diffuses from the calomel electrode, would otherwise affect the result.

2. — See note to Sub-clause 13.2.

14.3 Results

Report the central value as the result; the highest and lowest values are reported.

15. Conductivity of organic extract

The purpose of this test is to determine whether or not ionizable organic materials are present in the insulating materials. Their presence is confirmed by the increase in conductivity of the organic (trichloroethylene) extract, and the test is considered to have particular significance when applied to insulating materials which are to be immersed in chlorinated coolants or impregnants.

Note. — For precautions to be taken, see note to Sub-clause 13.2.

15.1 Test apparatus

A conductivity cell according to IEC Publication 247, Recommended Test Cells for Measuring the Resistivity of Insulating Liquids and Methods of Cleaning the Cells. The measuring instrument shall be an electronic multimegohmmeter using not more than 100 V d.c. or a sensitive galvanometer and battery.

The solvent is laboratory reagent grade trichloroethylene which has been purified by stirring in about 1% by weight of fuller's earth or another suitable material, for example silicon gel, and filtering through a sintered glass filter. A filter having a maximum pore diameter in the range $5\text{ }\mu\text{m}$ to $15\text{ }\mu\text{m}$ is suitable.

Note. — Fuller's earth becomes ineffective if allowed to absorb moisture and may be dried by heating in clean air at a temperature not exceeding 120°C .

A blank test is carried out before each extraction and if the resultant conductivity consistently exceeds $5 \times 10^{-4}\text{ }\mu\text{S/m}$ the solvent is further purified until the conductivity is not greater than this figure.

Purified trichloroethylene is stable if kept in the dark or in a brown bottle, but its conductivity should be checked before use for an extraction.

During extraction and measurement, the solvent should be shielded from strong light, especially direct sunlight, and stored in the dark.

15.2 Procedure

One determination shall be made on each of three extractions. The extract is prepared by treating the material under test as described for conductivity of aqueous extract in Sub-clause 13.2 and the test pieces are gently heated in air for about 2 h at a temperature of 80°C to 100°C to remove any appreciable amount of absorbed water. The material is immediately transferred to a suitable flask

notable d'eau absorbée. Le matériau est alors immédiatement transvasé dans un flacon approprié et recouvert de trichloréthylène purifié, dans la proportion de 1 g pour 10 cm³ de solvant. Celui-ci est doucement amené à ébullition pendant 1 h environ sous des conditions de reflux, en utilisant un appareil entièrement en verre construit avec des raccords en verre rodé.

Lorsque ce temps est écoulé, le flacon est soigneusement bouché et laissé une nuit dans l'obscurité. Toute perte de volume due à l'évaporation devra être inférieure à 10%.

Si elle n'est pas encore connue, la constante K de la cellule sera déterminée à l'aide d'une solution aqueuse de conductivité connue, ou par la méthode de capacitance.

Avant le remplissage avec l'extrait de trichloréthylène, la cellule est lavée soigneusement avec de l'eau distillée (si elle a été utilisée la dernière fois avec un électrolyte aqueux); elle est ensuite séchée et nettoyée à plusieurs reprises avec du trichloréthylène purifié. La cellule est séchée avant le remplissage, et le transvasement du liquide doit avoir lieu sous un courant d'air chaud afin d'éviter toute condensation d'humidité sous l'effet du refroidissement; il faut également éviter de diriger son haleine sur les électrodes.

La résistance de l'extrait est mesurée à une température de 15 °C à 25 °C, 1 min après l'application de la tension continue.

Si R est la résistance mesurée de l'extrait, exprimée en mégohms, et si K est la constante de cellule (m^{-1}), alors la conductivité de l'extrait, exprimée en microsiemens par mètre, sera $\frac{K}{R}$ — conductivité du solvant, exprimée en microsiemens par mètre.

15.3 Résultats

La conductivité de l'extrait de matière est exprimée en microsiemens par mètre.

La valeur médiane des trois déterminations est considérée comme étant le résultat; les valeurs maximale et minimale sont consignées.

16. Contamination des diélectriques liquides

16.1 Appareillage

- Une cellule photoconductrice, conforme à la Publication 247 de la C.E.I.
- Une cellule pour déterminer le facteur de dissipation des liquides, conformément à la Publication 250 de la C.E.I.: Méthodes recommandées pour la détermination de la permittivité et du facteur de dissipation des isolants électriques aux fréquences industrielles, audibles et radioélectriques (ondes métriques comprises).

Note. — Les cellules illustrées aux figures 2 et 3 de la Publication 250 peuvent également être utilisées pour mesurer la résistivité, comme décrit dans la Publication 247.

- Un récipient numéro 1, destiné à contenir un diélectrique chloré, se composant d'un long béccher de 400 cm³ en verre neutre ou au borosilicate, muni d'un couvercle en verre pour éviter la pénétration des poussières et réduire la perte de vapeur au cours de l'essai. Le récipient doit être parfaitement propre et le couvercle ne doit pas contaminer le diélectrique chloré.
- Un récipient numéro 2, destiné à contenir de l'huile, en verre neutre ou au borosilicate, ayant une contenance d'environ 1 l et dans lequel une atmosphère d'azote sèche peut être maintenue au-dessus de l'huile.

and covered with purified trichloroethylene using a proportion of 1 g to 10 cm³ of solvent. The solvent is gently boiled for about 1 h under reflux conditions using an all-glass apparatus constructed with ground-glass joints.

At the end of this period, the flask is firmly stoppered and allowed to remain overnight in the dark. Any loss of volume through evaporation should be less than 10%.

If not already known, the cell constant K is determined by means of an aqueous solution of known conductivity or by the capacitance method.

Before filling with the trichloroethylene extract, the cell is washed thoroughly with distilled water (if last used with an aqueous electrolyte), dried and cleaned several times with purified trichloroethylene. The cell is dried before filling and the transfer of the liquid from one vessel to another takes place in a stream of warm air to avoid risk of moisture condensing, resulting from cooling; it is necessary to avoid breathing on the electrodes.

The resistance of the extract is measured at a temperature of 15 °C to 25 °C, 1 min after the application of the d.c. voltage.

If R is the measured resistance of the extract, expressed in megohms, and K is the cell constant (m⁻¹), then the conductivity of the extract, expressed in microsiemens per metre, shall be $\frac{K}{R}$ — conductivity of the solvent, expressed in microsiemens per metre.

15.3 Results

The conductivity of the extract of the material is expressed in microsiemens per metre.

The central value of three determinations is taken as the result; the highest and lowest values are reported.

16. Contamination of liquid dielectrics

16.1 Apparatus

- A conductivity cell according to IEC Publication 247.
- A cell for the determination of the dissipation factor of liquids according to IEC Publication 250: Recommended Methods for the Determination of the Permittivity and Dielectric Dissipation Factor of Electrical Insulating Materials at Power, Audio and Radio Frequencies including Metre Wavelengths.

Note. — Cells of Figures 2 and 3 of Publication 250 are also usable for resistivity measurement and accordingly described in Publication 247.

- A vessel No. 1, to contain a chlorinated dielectric, consisting of a tall 400 cm³ beaker of neutral or borosilicate glass, covered with a watch glass to prevent the ingress of dust and to reduce the loss of vapour during the test. The vessel shall be perfectly clean and the cover shall not cause contamination of the chlorinated dielectric.
- A vessel No. 2, to contain oil, of neutral or borosilicate glass with a volume of approximately 1 l in which an atmosphere of dry nitrogen may be maintained above the oil.

- Une étuve à ventilation forcée, réglable jusqu'à 100 ± 1 °C.
- Des pinces métalliques propres.
- Une quantité suffisante de diélectrique chloré, qui sera spécifiée dans la Publication 641-3 de la CEI (à l'étude), et dont le facteur de dissipation à fréquence industrielle ou dont la conductivité en courant continu après l'application pendant 1 min de la tension — mesuré de 100 °C à la température ambiante — se trouve dans des limites ayant fait l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur.
- De l'huile de la catégorie 2 sèche (classe II de la Publication 296 de la CEI: Spécification des huiles isolantes neuves pour transformateurs et interrupteurs) dont l'indice d'acidité et le facteur de dissipation à 70 °C et entre 48 Hz et 62 Hz ont été déterminés.

16.2 *Eprouvettes*

Une quantité suffisante de carton finement coupé en pièces de moins de 1 mm d'épaisseur et dont la surface est d'environ 1 cm²; le carton ayant été séché à 105 ± 2 °C pendant une période de 16 h. Les éprouvettes seront manipulées au moyen de pinces métalliques propres.

16.3 *Contamination du diélectrique chloré*

Dans le récipient numéro 1, on plonge 25 cm³ d'éprouvette dans 250 cm³ de diélectrique chloré. Pour s'assurer de la propreté du récipient, il est conseillé de vérifier le facteur de dissipation ou la conductivité après chauffage du récipient contenant le diélectrique chloré dans une étuve à 100 °C, pendant 1 h environ. Si le résultat est satisfaisant, l'éprouvette de carton peut être introduite. Le récipient contenant le liquide chloré et l'éprouvette, d'une part, et un récipient identique contenant uniquement le liquide et destiné à servir de témoin, d'autre part, sont maintenus à 100 ± 1 °C pendant une période de 168 ± 1 h.

Lorsque ce temps est écoulé, les mesures sont prises à partir de 100 °C jusqu'à la température ambiante, tant sur le diélectrique d'essai que sur le témoin.

Consigner les différences entre les valeurs obtenues pour le facteur de dissipation ou pour la conductivité.

Avertissement. — L'inhalation des émanations du diélectrique chloré doit être évitée, de même que tout contact avec la peau. Dans chaque pays, les réglementations nationales doivent être consultées.

16.4 *Contamination de l'huile isolante*

Dans le récipient numéro 2, on plonge 75 cm³ d'éprouvette dans 750 cm³ d'huile. Il est conseillé de vérifier la propreté du récipient, comme décrit plus haut, en utilisant de l'huile. Une atmosphère d'azote sèche est maintenue au-dessus de l'huile. Le récipient contenant l'huile avec l'éprouvette, d'une part, et un récipient identique contenant la même huile et destiné à servir de témoin, d'autre part, sont chauffés à 100 ± 1 °C pendant 96 h.

Lorsque ce temps est écoulé, l'indice d'acidité et le facteur de dissipation à 70 °C et entre 48 Hz et 62 Hz sont mesurés tant pour l'huile soumise à l'essai que pour le témoin. Consigner la différence entre les deux valeurs obtenues.

17. *Absorption d'huile*

Trois éprouvettes sont nécessaires. Elles doivent avoir une surface de 75 mm × 75 mm environ et pour épaisseur celle du matériau à essayer. Suspendre les éprouvettes pendant 24 h dans une enceinte sous vide avec une pression d'environ 100 Pa et à une température de 105 ± 2 °C. Après avoir progressivement rétabli la pression normale, refroidir les éprouvettes dans un dessiccateur, peser chacune d'elles pour déterminer leur masse au milligramme près.

- A forced draught oven, controllable to 100 ± 1 °C.
- Clean metal tongs.
- A sufficient quantity of chlorinated dielectric, to be specified in IEC Publication 641-3 (under consideration), whose dissipation factor at power frequency, or whose d.c. conductivity after the voltage has been applied for 1 min, and measured from 100 °C down to room temperature, is found to be between the limits agreed upon by the supplier and the user.
- Dry oil (Class II of IEC Publication 296, Specification for New Insulating Oils for Transformers and Switchgear) whose acidity index and dissipation factor at 70 °C and 48 Hz to 62 Hz have been determined.

16.2 Test specimens

A sufficient amount of material finely cut into pieces thinner than 1 mm and with a surface area of about 1 cm² and that has been dried at 105 ± 2 °C for a period of 16 h. The specimens shall be handled by means of clean metal tongs.

16.3 Contaminations of chlorinated dielectrics

In the No. 1 vessel, 25 cm³ of the specimen is immersed in 250 cm³ of the chlorinated dielectric. In order to ensure the cleanliness of the vessel, it is advisable to check the dissipation factor or the conductivity after the vessel containing the chlorinated dielectric has been heated in an oven at 100 °C for about 1 h. If the result is satisfactory the board specimen is introduced. The vessel containing the chlorinated liquid and the specimen together with an identical vessel containing the liquid only and serving as a blank are maintained at 100 ± 1 °C for a period of 168 ± 1 h.

After this period, measurements are taken from 100 °C down to room temperature on both the test dielectric and the blank.

Report the difference between the values obtained for the dissipation factor or for the conductivity.

Warning. — Inhalation of fumes of the chlorinated dielectric as well as contact with the skin should be avoided. Regulations for the country concerned must be consulted.

16.4 Contamination of insulating oil

In the No. 2 vessel 75 cm³ of the specimen is immersed in 750 cm³ of the oil. It is advisable to check the cleanliness of the vessel as described above using oil. An atmosphere of dry nitrogen is maintained above the oil. The vessel containing the oil with the specimen together with an identical vessel containing the same oil as blank are heated at 100 ± 1 °C for a period of 96 h.

After this period, the acidity index and the dissipation factor at 70 °C and 48 Hz to 62 Hz are measured for both the test oil and the blank. Report the difference between the two values obtained.

17. Oil absorption

Three specimens are required. The specimens shall be approximately 75 mm × 75 mm and the same thickness as that of the material under test. They shall be suspended for 24 h in a vacuum cabinet at 105 ± 2 °C having a pressure of about 100 Pa. After slowly lifting the vacuum and allowing the specimens to cool in a desiccator, the mass of each shall be determined to the nearest milligramme.

Après détermination de la masse, la température sera élevée à 90 ± 2 °C et la pression abaissée à 100 Pa. Cette température et cette pression seront maintenues pendant 1 h. Introduire alors une huile répondant aux exigences de la classe II de la Publication 296 de la CEI, préchauffée à 90 °C. L'introduction de l'huile doit être faite assez lentement pour que la pression ne dépasse jamais 250 Pa.

Quand l'éprouvette est complètement immergée, supprimer le vide et arrêter le chauffage. Laisser les éprouvettes dans l'huile pendant 6 h. Les sortir alors de l'huile et retirer l'excès d'huile avec un papier buvard. Les éprouvettes ainsi nettoyées sont pesées et on détermine la masse de l'huile absorbée en pour-cent.

La valeur de contrôle est prise comme résultat, les deux autres valeurs étant consignées.

On peut calculer l'absorption d'huile maximale de la façon suivante:

$$\text{absorption d'huile (en pour-cent)} = 100 S_o \left(\frac{1}{W} - \frac{1}{F} \right)$$

S_o = masse volumique de l'huile

W = masse volumique apparente du carton séché

F = masse volumique du carton

18. Voies conductrices

18.1 Appareil d'essai

Electrodes: Deux électrodes constituées par une plaque polie par usinage, en fonte ou en un autre métal, et un jeu de rouleaux pleins en laiton (voir figure 6, page 42).

La dimension de la plaque parallèle au sens de déplacement de l'éprouvette sera d'au moins 150 mm; l'autre dimension de la plaque sera au moins égale à la largeur de l'éprouvette.

La surface des rouleaux sera usinée et polie pour en faire des cylindres parfaitement lisses. Après usinage, les dimensions des rouleaux de laiton seront les suivantes:

- diamètre: 38 mm;
- largeur de la face: 25 mm.

Les rouleaux seront montés en deux rangées parallèles au-dessus de l'électrode à plaque et disposés de telle façon que chacun d'eux puisse être déplacé verticalement par rapport à la surface de la plaque, de manière que la génératrice d'un rouleau s'appuie automatiquement sur la surface de la plaque.

Les rouleaux et la plaque seront convenablement isolés les uns des autres. Les rouleaux seront placés de telle sorte que la continuité de la connexion électrique entre eux-mêmes et la source d'alimentation soit assurée pendant la rotation. Les deux rangées de rouleaux seront montées avec les axes orientés de manière à former un angle de 90° par rapport au sens de déplacement de l'éprouvette. Les rouleaux de chaque rangée seront écartés de 35 mm par rapport aux lignes médianes, et les deux rangées seront disposées de telle façon que les points médians des rouleaux d'une rangée soient en face des points médians des espaces de l'autre rangée, comme le montre la figure 6.

La force totale exercée par chaque rouleau sur la surface de l'éprouvette se situera entre 2 450 N et 3 150 N. Pour éviter d'endommager les électrodes, une résistance chutrice pourra être appliquée.

After the mass has been determined, the temperature shall be raised to $90 \pm 2^\circ\text{C}$ and the pressure reduced to 100 Pa. This temperature and pressure shall be maintained for 1 h. Then oil conforming with the requirements of Class II in IEC Publication 296, preheated to 90°C , shall be admitted at a rate slow enough to ensure that the pressure is maintained at not more than 250 Pa.

When the specimen is completely submerged, lift the vacuum and switch off the heating. The specimens are left under the oil for 6 h. The specimens are then taken from the oil and the surplus of oil removed with blotting paper. The clean specimens are weighed and the mass of the absorbed oil determined. The result shall be expressed as a percentage oil absorption on the original mass.

The central value is taken as the result, the two others are reported.

A possible way of calculating the maximum oil absorption is:

$$\text{oil absorption (per cent)} = 100 S_o \left(\frac{1}{W} - \frac{1}{F} \right)$$

S_o = specific gravity of the oil

W = apparent density of the dried pressboard

F = specific gravity of the pressboard fibre

18. Conducting paths

18.1 Test apparatus

Electrodes: Two electrodes consisting of a smoothly machined cast-iron or other metal plate, and a set of smooth solid brass rollers (see Figure 6, page 42).

The plate dimension parallel to the direction over which the test specimen is moved shall be at least 150 mm; the other dimension of the plate shall be at least as great as the width of the test specimen.

The surfaces of the rollers shall be machined and polished to smooth cylinders. The finished dimensions of the brass rollers shall be as follows:

- diameter: 38 mm;
- width of face: 25 mm.

The rollers shall be mounted in two parallel rows above the plate electrode and so arranged that each roller may be raised above or lowered onto the plate surface, automatically aligning the roller surfaces with the plate surface.

The rollers and plate shall be adequately insulated from each other. The rollers shall be mounted so that continuity of electrical connection between them and the potential source is ensured when they are rotating. The two rows of rollers shall be mounted with their axes 90° to the direction in which the test specimen is moved. The rollers in each row shall be spaced 35 mm apart on centre lines, and the two rows shall be so placed that the midpoints of the rollers in one row are opposite the midpoints of the spaces in the other row as shown in Figure 6.

The total force exerted by each roller on the surface of the test specimen shall be not more than 3 150 N nor less than 2 450 N. A limiting resistance to avoid damage to the electrodes may be employed.

18.2 Tension

La tension sera de 2 V/ μ m valeur efficace sauf spécification contraire dans la Publication 641-3 de la CEI (à l'étude).

18.3 Epreuve

L'éprouvette aura une largeur telle que ses bords dépassent d'au moins 25 mm le bord extérieur des rouleaux adjacents. La longueur de l'éprouvette sera de 7,5 m au minimum.

18.4 Mode opératoire

Soulever les rouleaux, introduire l'extrémité de l'éprouvette dans l'ouverture et abaisser les rouleaux sur la surface du papier. Raccorder les électrodes à une source d'alimentation fournissant la tension correcte prescrite au paragraphe 18.2. Tirer l'éprouvette entre la plaque et les rouleaux à une vitesse comprise entre 10 m/min et 20 m/min. Compter le nombre de trous brûlés à travers l'éprouvette, chaque trou brûlé étant considéré comme une voie conductrice.

Au lieu de relever le nombre de trous brûlés, on peut pratiquer un comptage électronique.

18.5 Calcul et expression des résultats

- a) *Calcul*: Calculer le nombre de voies conductrices par unité de surface, en divisant le nombre de défauts comptés par la surface totale examinée, exprimée en mètres carrés.
- b) *Rapport d'essai*: Le rapport mentionnera:
 - 1) le nombre de voies conductrices par mètre carré;
 - 2) la surface totale du matériau soumis à l'essai.

19. Présence de particules métalliques

19.1 Epreuve

Un carré de 100 mm de côté approximativement.

19.2 Mode opératoire

Immerger totalement l'éprouvette dans une solution à 1% (volume) d'acide acétique pendant au moins 5 min. Retirer l'éprouvette de la solution et la sécher en atmosphère exempte de poussière, sur du papier filtrant sans cendres. Lorsque l'éprouvette est sèche, l'immerger pendant 5 min dans une solution contenant 1 cm³ d'acide acétique et 1 g de ferrocyanure de potassium par litre. Laver l'éprouvette avec de l'eau distillée et la sécher dans un four porté à environ 50 °C.

Examiner l'éprouvette pour y déceler les taches colorées éventuelles. Des taches bleues indiquent la présence de fer; des taches rouges révèlent la présence de cuivre, de laiton ou de bronze.

20. Rigidité diélectrique

L'essai sera effectué à l'air libre, à 23 °C et dans l'huile, conformément à la Publication 243 de la CEI: méthodes d'essai recommandées pour la détermination de la rigidité diélectrique des matériaux isolants solides aux fréquences industrielles.

18.2 Voltage

The voltage shall be 2 V/ μ m r.m.s., unless otherwise specified in IEC Publication 641-3 (under consideration).

18.3 Test specimen

The test specimen shall be one of such width that its edges extend at least 25 mm beyond the outer edge of the adjacent rollers. The test specimen shall be at least 7.5 m in length.

18.4 Procedure

Raise the rollers, insert the end of the test specimen and lower the rollers onto the paper surface. Connect the electrodes with a potential source of the proper voltage prescribed in Sub-clause 18.2. Draw the specimen between the plate and rollers at a speed of 10 m/min to 20 m/min. Count the number of holes burned through the specimen, each burned hole being considered a conducting path.

Instead of counting the number of holes burned, electronic counting may be applied.

18.5 Calculation and expression of results

- a) *Calculation:* Calculate the number of conducting paths per unit area by dividing the number of failures counted by the total area searched, expressed in square metres.
- b) *Test report:* The report should mention:
 - 1) the number of conducting paths per square metre,
 - 2) the total area of material tested.

19. Presence of metallic particles

19.1 Test specimen

A square with sides of approximately 100 mm.

19.2 Method

Immerse the specimen completely in a 1% (volume) solution of acetic acid for a period of at least 5 min. Remove the specimen from the solution and dry in a dust-free atmosphere on an ashless filter paper. When dry, immerse the specimen for a period of 5 min in a solution containing 1 cm³ acetic acid and 1 g potassium ferrocyanide per litre. Wash the specimen with distilled water and dry it in an oven at about 50 °C.

Examine the specimen for coloured stains. Blue stains indicate the presence of iron; red stains indicate the presence of copper, brass or bronze.

20. Electric strength

The test shall be carried out at 23 °C in free air and in oil in accordance with IEC Publication 243, Recommended Methods of Test for Electric Strength of Solid Insulating Materials at Power Frequencies.

Pour le matériau mince (jusqu'à 0,5 mm), l'essai sera également effectué sur des éprouvettes préalablement pliées.

20.1 Appareillage

L'appareillage doit être conforme à l'article 5 de la Publication 243 de la C.E.I. Les électrodes doivent être conformes au paragraphe 6.1.1 de la même publication (les faces des électrodes seront bien parallèles et exemptes de piqûres ou d'autres défauts).

20.2 Eprouvettes pour l'essai dans l'air

Des éprouvettes de 300 mm × 300 mm seront séchées dans une étuve à ventilation naturelle, à 105 ± 2 °C, selon l'épaisseur nominale comme suit:

épaisseur nominale (mm)	$\leq 0,5$	$> 0,5$ à 1,5	$> 1,5$ à 5	> 5
temps (h)	6 à 24	24	48	72

Lorsque la période de chauffage sera écoulée, les éprouvettes seront refroidies dans un dessiccateur et essayées dans les 3 min qui suivent leur retrait du dessiccateur.

20.3 Eprouvettes pour l'essai dans l'huile

Des éprouvettes de 300 mm × 300 mm sont suspendues pendant 24 h dans une enceinte à vide à 105 ± 2 °C et sous une pression de moins de 100 Pa environ. Introduire alors une huile répondant aux exigences de la classe II de la Publication 296 de la C.E.I., préchauffée à 90 °C et introduite assez lentement pour que la pression soit maintenue inférieure ou égale à 250 Pa.

Quand les éprouvettes sont complètement immergées, rétablir la pression normale et laisser les éprouvettes immergées dans l'huile à la pression atmosphérique à 90 ± 2 °C pendant au moins 24 h. Les éprouvettes sont alors refroidies à 23 ± 2 °C en restant complètement immergées et les électrodes sont mises en place. A aucun moment entre l'imprégnation et l'essai les éprouvettes ne doivent être en contact avec l'atmosphère.

20.4 Eprouvettes pour l'essai après pliage

Des éprouvettes de 300 mm × 300 mm sont séchées comme indiqué au paragraphe 20.2. Faire un pli parallèle à chacun des quatre côtés et à une distance d'environ 40 mm du bord.

Les plis sont réalisés comme suit: les éprouvettes sont d'abord pliées à la main en utilisant de préférence le dispositif indiqué à la figure 3, page 40. L'éprouvette est introduite aussi loin que possible dans la fente du dispositif, puis pliée à 90° d'un côté et alors retirée du dispositif et pliée à la main de 90° encore.

L'éprouvette pliée est introduite entre les rouleaux de l'appareil de pliage illustré à la figure 4, page 40, le pli se trouvant contre le guide. Ensuite, le pli de l'éprouvette est replié manuellement sur 360° et l'éprouvette est de nouveau passée entre les rouleaux de l'appareil de pliage. Cette double action de pliage est effectuée sur chacun des quatre bords de l'éprouvette.

Le pliage et l'essai sur l'éprouvette après pliage doivent être réalisés aussi rapidement que possible. Au besoin, on peut dépasser les 3 min prescrites au paragraphe 20.2 mais, dans tous les cas, l'essai complet doit être réalisé en moins de 10 min.

20.5 Nombre d'essais

Pour les essais dans l'air et dans l'huile, neuf mesures sont faites.