

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
672-2**

Première édition
First edition
1980

**Spécification pour matériaux isolants
à base de céramique ou de verre**

Deuxième partie:
Méthodes d'essai

**Specification for ceramic and glass
insulating materials**

Part 2:
Methods of test



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 672-2: 1980

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} 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
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
672-2**

Première édition
First edition
1980

**Spécification pour matériaux isolants
à base de céramique ou de verre**

**Deuxième partie:
Méthodes d'essai**

**Specification for ceramic and glass
insulating materials**

**Part 2:
Methods of test**

© CEI 1980 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 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

R

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

AVA Documents
Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Remarques générales sur les essais	6
3. Porosité à la fuchsine (absorption liquide)	10
4. Masse volumique brute — Porosité apparente	12
5. Résistance à la flexion	14
6. Module d'élasticité	18
7. Coefficient moyen de dilatation linéaire	20
8. Chaleur spécifique	20
9. Conductibilité thermique	22
10. Tenue au choc thermique	22
11. Température de transformation (valable uniquement pour le verre)	24
12. Rigidité diélectrique	26
13. Tension de tenue	30
14. Permittivité relative, coefficient de température de permittivité et facteur de dissipation	32
15. Résistivité transversale	32
FIGURES	36

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1. Scope	7
2. General notes on tests	7
3. Fuchsine porosity (liquid absorption)	11
4. Bulk density and open (apparent) porosity	13
5. Flexural strength	15
6. Modulus of elasticity	19
7. Mean coefficient of linear expansion	21
8. Specific heat capacity	21
9. Thermal conductivity	23
10. Resistance to thermal shock	23
11. Transformation temperature (for glass only)	25
12. Electric strength	27
13. Withstand voltage	31
14. Relative permittivity, temperature coefficient of permittivity and dissipation factor	33
15. Volume resistivity	33
FIGURES	36

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SPÉCIFICATION POUR MATÉRIAUX ISOLANTS
À BASE DE CÉRAMIQUE OU DE VERRE**

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.

PREFACE

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 Stockholm en 1977. A la suite de cette réunion, un projet, document 15C(Bureau Central)87, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en janvier 1979.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Italie
Allemagne	Japon
Autriche	Norvège
Belgique	Pologne
Canada	Suisse
Chine	Tchécoslovaquie
Danemark	Turquie
Egypte	Union des Républiques
France	Socialistes Soviétiques

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme :

- Publications n°s 93: Méthodes pour la mesure de la résistivité transversale et de la résistivité superficielle des matériaux isolants électriques solides.
- 212: Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides.
- 243: Méthodes d'essai recommandées pour la détermination de la rigidité diélectrique des matériaux isolants solides aux fréquences industrielles.
- 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).
- 345: Méthode d'essai pour la résistance d'isolement et la résistivité transversale des matériaux isolants à des températures élevées.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SPECIFICATION FOR CERAMIC AND GLASS
INSULATING MATERIALS**

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 Stockholm in 1977. As a result of this meeting, a draft, Document 15C(Central Office)87, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1979.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria	Italy
Belgium	Japan
Canada	Norway
China	Poland
Czechoslovakia	South Africa (Republic of)
Denmark	Switzerland
Egypt	Turkey
France	Union of Soviet
Germany	Socialist Republics

Other IEC publications quoted in this standard:

- Publications Nos. 93: Methods of Test for Volume Resistivity and Surface Resistivity of Solid Electrical Insulating Materials.
- 212: Standard Conditions for Use Prior to and During the Testing of Solid Electrical Insulating Materials.
- 243: Recommended Methods of Test for Electric Strength of Solid Insulating Materials at Power Frequencies.
- 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.
- 345: Method of Test for Electrical Resistance and Resistivity of Insulating Materials at Elevated Temperatures.

SPÉCIFICATION POUR MATÉRIAUX ISOLANTS À BASE DE CÉRAMIQUE OU DE VERRE

Deuxième partie : Méthodes d'essai

INTRODUCTION

La présente norme fait partie d'une série traitant des matériaux isolants à base de céramique ou de verre.

Cette série comprendra les trois parties suivantes :

1. Définitions et classifications.
2. Méthodes d'essai.
3. Matériaux particuliers.

1. Domaine d'application

La présente norme est applicable à des matériaux à base de céramique, de verre ou de verre-céramique utilisés à des fins d'isolement électrique.

Cette deuxième partie de la norme spécifie des méthodes d'essai. Elles sont destinées à fournir des résultats qui soient représentatifs du matériau dans lequel les éprouvettes d'essai sont prises ; les limitations imposées par la méthode utilisée pour les former et les conditionner sont également étudiées.

2. Remarques générales sur les essais

2.1 Eprouvettes d'essai

La présente norme a pour but de déterminer les caractéristiques du matériau dans lequel les éprouvettes d'essai sont prises dans des conditions identiques et en nombre suffisant. Il faut toutefois souligner que les résultats obtenus à partir des éprouvettes subissent l'influence de la méthode utilisée pour les former, méthode qui doit autant que possible être celle qui sert à la fabrication des pièces de production.

La méthode retenue pour conditionner les éprouvettes d'essai doit être spécifiée.

Toutes les valeurs numériques déterminées suivant ces méthodes d'essai ne s'appliquent qu'aux éprouvettes prescrites pour les essais. Elles ne peuvent être appliquées aux éprouvettes et aux produits céramiques présentant d'autres formes ou dimensions ou provenant d'autres types d'exécution.

Le nombre minimal d'éprouvettes utilisé pour chaque essai est indiqué dans le tableau I, ci-après, ainsi que dans les paragraphes correspondant aux diverses méthodes d'essai.

Notes sur les éprouvettes d'essai en verre trempé

L'état de précontrainte thermique du verre dépend des facteurs suivants :

- dilatation thermique au-dessous et au-dessus de la plage de transformation ;
- relation viscosité/température ;

— diffusibilité thermique = $\frac{\text{conductivité thermique}}{\text{chaleur spécifique} \times \text{densité brute}}$;

SPECIFICATION FOR CERAMIC AND GLASS INSULATING MATERIALS

Part 2: Methods of test

INTRODUCTION

This standard is one of a series which deals with ceramic and glass insulating materials.

The series will consist of three parts:

1. Definitions and classifications.
2. Methods of test.
3. Individual materials.

1. Scope

This standard is applicable to ceramic, glass and glass-ceramic materials to be used for electrical insulation purposes.

This Part 2 of the standard specifies methods of test. It is intended to provide results typical of the material from which the test specimens are processed; the limitations imposed by the method of forming and processing are also discussed.

2. General notes on tests

2.1 Test specimens

This standard is intended to define the characteristics of the material from which the test specimens are processed under identical conditions and in sufficient numbers. It is emphasized however that results from the specimens are affected by the method of forming and this should as far as possible be the method used in the manufacture of production parts.

The method for processing the test specimens shall be specified.

All numerical values determined according to these test methods apply only to the test specimens prescribed. They cannot be extended to test specimens and ceramic products of other shapes and dimensions or of other types of manufacture.

The minimum number of test specimens for each test is stated in the following Table I and in the relevant sub-clauses for the different test methods.

Notes on toughened-glass test specimens

The thermal pre-stressed state of glass depends on the following factors:

- thermal expansion below and above transformation range;
- viscosity/temperature relation;
- thermal diffusivity = $\frac{\text{thermal conductivity}}{\text{specific heat capacity} \cdot \text{bulk density}}$;

TABLEAU I
Caractéristiques et nombre d'éprouvettes

Article	Essai	Eprouvettes d'essai	
		Forme et dimensions (mm)	Nombre minimal
3	Porosité à la fuchsine	Céramiques: fragments	3
		Verres: pas d'essai	—
4	Masse volumique brute Porosité apparente	Céramiques: fragments	3
		Verres: pas d'essai	—
5	Résistance à la flexion	Ronds de longueur: 120 ou 60 Section circulaire: $\varnothing 10$ Section circulaire aplatie: (voir figure 4, page 37) Section carrée: (voir figure 5, page 37)	5
6	Module d'élasticité	Comme pour la résistance à la flexion (article 5)	3
7	Coefficient moyen de dilatation linéaire	Ronds ou barres de dimensions appro- priées à l'appareillage utilisé	2
8	Chaleur spécifique	Suivant l'appareillage utilisé	2
9	Conductibilité thermique	Tubes ou plaques de dimensions adaptées à l'appareillage utilisé	2
10	Tenue au choc thermique	Comme pour la résistance à la flexion (article 5)	Méthode A: 5 pour chaque détermination de la résistance à la flexion Méthode B: 5
11	Température de transformation	Ronds de dimensions appropriées à l'appareillage utilisé	2
12	Rigidité diélectrique	Pièces circulaires $\varnothing 80$, épaisseur 2,5 ou suivant la figure 6, page 38	5
13	Tension de tenue	Pièces circulaires (voir figure 6)	5
14	Permittivité relative et facteur de dissipation	Pièces circulaires, suivant Publication 250 de la CEI	3
15	Résistivité volumique exprimée en température	Pièces circulaires, suivant Publication 345 de la CEI	2

TABLE I
Characteristics and number of test specimens

Clause	Tests	Test specimens	
		Shape and dimensions (mm)	Minimum number
3	Fuchsine porosity	Ceramics: fragments	3
		Glass: no test	—
4	Bulk density Open (apparent) porosity	Ceramics: fragments	3
		Glass: no test	—
5	Flexural strength	Rods with length: 120 or 60 Cross-section circular: $\varnothing 10$ Cross-section flattened circular: (See Figure 4, page 37) Cross-section square bars: (See Figure 5, page 37)	5
6	Modulus of elasticity	As for flexural strength (Clause 5)	3
7	Mean coefficient of linear expansion	Rods or bars with dimensions appropriate to the apparatus used	2
8	Specific heat capacity	Depending on apparatus used	2
9	Thermal conductivity	Cylinders or plates with dimensions adapted to the apparatus used	2
10	Resistance to thermal shock	As for flexural strength (Clause 5)	Method A: 5 for each determination of flexural strength Method B: 5
11	Transformation temperature	Rods of dimensions appropriate to the apparatus used	2
12	Electric strength	Disks $\varnothing 80$, thickness 2.5 or disks as in Figure 6, page 38	5
13	Withstand voltage	Disks (see Figure 6)	5
14	Relative permittivity and dissipation factor	Disks, according to IEC Publication 250	3
15	Volume resistivity in terms of temperature	Disks, according to IEC Publication 345	2

- propriétés d'élasticité;
- température de début de refroidissement;
- coefficient de transfert calorifique;
- épaisseur et forme du produit en verre.

Etant donné l'influence du dernier facteur cité, des éprouvettes prises dans un même verre, mais qui présentent des formes et des épaisseurs différentes, ont des caractéristiques de trempe différentes bien qu'elles soient trempées dans des conditions identiques.

Il est par conséquent impossible de définir une éprouvette d'essai spéciale qui représenterait les propriétés de produits trempés ayant d'autres formes et épaisseurs. Par suite, les propriétés physiques des produits en verre à trempe thermique servant à mettre en évidence les particularités correspondant à un état de trempe ne peuvent se déterminer que sur le produit proprement dit et il est recommandé d'adopter cette procédure chaque fois qu'il est possible. Cela s'applique particulièrement aux propriétés telles que la résistance à la flexion, la tenue au choc thermique, la résistivité volumique et le facteur de dissipation.

2.2 *Présentation des résultats*

Le rapport d'essai doit comporter les points suivants:

- a) l'identification du matériau;
- b) la date de l'essai;
- c) le type d'essai effectué;
- d) le conditionnement des éprouvettes d'essai, leur forme, leurs dimensions et le nombre d'éprouvettes ayant subi l'essai;
- e) la valeur médiane retenue comme résultat.

3. Porosité à la fuchsine (absorption liquide)

Cet essai n'est pas applicable aux matériaux à base de verre, à l'exception du verre fritté.

3.1 *Appareillage d'essai*

Tout appareillage approprié peut être utilisé.

3.2 *Eprouvettes d'essai*

Utiliser des fragments de céramique. La portion non émaillée des éprouvettes d'essai ne doit pas être inférieure à 75% de leur surface totale.

3.3 *Méthode d'essai*

Les fragments de céramique sont immergés dans une solution alcoolique de fuchsine à 1% (1 g de fuchsine pour 100 g de méthanol), cette solution étant maintenue sous une pression minimale de 15 MPa pendant une durée telle que le produit de la pression exprimée en mégapascals par le temps exprimé en heures ne soit pas inférieur à 180.

Une fois retirés de la solution, les fragments sont lavés à l'eau, séchés et concassés.

3.4 *Expression des résultats*

Les surfaces fraîchement concassées doivent être examinées à l'œil nu en recherchant les signes de pénétration de la teinture. Elles ne doivent présenter aucune trace de pénétration. La pénétration

- elastic properties;
- starting temperature of cooling;
- heat transfer coefficient;
- thickness and form of glass product.

As a result of the last factor, specimens from the same glass but of different shape and thickness have different tempering levels although they are tempered under the same conditions.

Consequently it is impossible to have a special test specimen which represents properties of toughened products of other shapes and thicknesses. Therefore physical properties of thermally tempered glass products which show corresponding dependence on the tempering state can be determined only on the product itself, and it is recommended that this procedure be adopted whenever possible. This applies especially to properties such as flexural strength, resistance to thermal shock, volume resistivity and dissipation factor.

2.2 *Presentation of results*

The test report shall include the following:

- a) identification of the material;
- b) date of test;
- c) the test performed;
- d) the preparation, shape and dimensions of the test specimens and the number tested;
- e) the central value as result.

3. **Fuchsine porosity (liquid absorption)**

This test is not applicable to glass materials with the exception of sintered glass.

3.1 *Test apparatus*

Any suitable apparatus may be used.

3.2 *Test specimens*

Fragments of ceramics shall be used. The unglazed area of test specimens shall be not less than 75% of the total area.

3.3 *Method of test*

The fragments of ceramic shall be immersed in a 1 % solution of fuchsine in alcohol (1 g of fuchsine per 100 g of methylated spirits), the solution being maintained at a pressure of at least 15 MPa for a period such that the product of pressure in megapascals and the time expressed in hours, shall be not less than 180.

The fragments shall be taken from the solution, washed in water, dried and broken.

3.4 *Expression of results*

The freshly fractured surfaces shall be examined using normal vision for any sign of penetration of the dyestuff. The surfaces shall show no penetration. Penetration of dye into small cracks produced

éventuelle de teinture dans les petites brisures produites au moment de la préparation initiale des fragments n'est pas retenue. L'essai doit être effectué sur un minimum de trois éprouvettes d'essai.

4. Masse volumique brute — Porosité apparente

4.1 Appareillage d'essai

Cet essai nécessite l'emploi de l'appareillage suivant:

- une balance hydrostatique (balance convenant à la détermination de la masse d'une éprouvette suspendue dans un liquide);
- une enceinte étanche (cloche ou dessiccateur) reliée à une pompe à vide appropriée;
- une étuve pour sécher les éprouvettes d'essai.

4.2 Eprouvettes d'essai

Les éprouvettes d'essai se composent d'au moins trois fragments de masse totale entre 50 g et 80 g. Les paillettes susceptibles de se détacher durant la suite des manipulations sont à éliminer et la poussière éventuelle doit être soigneusement enlevée par brossage sous un jet d'eau.

4.3 Méthodes d'essai

Méthode A — Essai sous vide

Sécher l'éprouvette d'essai dans une étuve maintenue à la température de 115 ± 5 °C jusqu'à obtenir une masse constante m_o . Procéder ensuite au mouillage sous vide de l'éprouvette comme suit:

Mettre l'éprouvette d'essai dans un récipient approprié à l'intérieur d'une enceinte à vide munie d'une admission de liquide, d'un raccord de pompage et d'un dispositif de mesure de la pression (vide). Fermer l'enceinte et la vider jusqu'à une pression de $2 \text{ à } 3 \times 10^3$ Pa que l'on maintient pendant 5 min. Faire pénétrer dans le récipient contenant l'éprouvette de l'eau distillée fraîchement bouillie à environ 23 ± 2 °C jusqu'à recouvrir l'éprouvette d'essai et continuer le pompage pendant 5 min de plus. Cette durée écoulée, faire la rentrée d'air dans l'enceinte et retirer l'éprouvette d'essai. La faire ensuite bouillir dans de l'eau distillée pendant 30 min. Pour les porosités faibles (1 %), il est recommandé de laisser les éprouvettes d'essai séjourner dans l'eau distillée pendant au moins 6 h.

Méthode B — Essai à l'ébullition

Ayant déterminé la masse de l'éprouvette d'essai sèche, la mettre dans un récipient muni d'une grille de laiton à mailles larges placée à 1 cm du fond du récipient. Recouvrir d'eau distillée et porter à ébullition pendant 30 min, puis laisser refroidir à température ambiante.

Quelle que soit la méthode utilisée, peser chaque éprouvette alors qu'elle est suspendue dans l'eau distillée à environ 23 °C (m_w). Essuyer légèrement chaque éprouvette avec un chiffon humide pour enlever uniquement l'eau présente en surface et peser à nouveau à l'air (m_h).

4.4 Expression des résultats

La masse volumique brute (ρ_a) et la porosité apparente (P_a) sont données par les formules suivantes:

$$\rho_a = \frac{m_o \cdot \rho_w}{m_h - m_w} \quad P_a = \frac{m_h - m_o}{m_h - m_w} 100$$