

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 672-3

Première édition — First edition
1984

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

Troisième partie: Matériaux particuliers

**Specification for ceramic and glass
insulating materials**

Part 3: Individual materials



© CEI 1984

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembe

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 617 de la CEI: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur les pages 3 et 4 de la couverture, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision 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 on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publication 27 or 617, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to pages 3 and 4 of the cover, which list IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD**

Publication 672-3

Première édition — First edition
1984

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

Troisième partie: Matériaux particuliers

**Specification for ceramic and glass
insulating materials**

Part 3: Individual materials



© CEI 1984

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 ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Troisième partie: Matériaux particuliers

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 norme 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'Etude n° 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
15C(BC)140	15C(BC)152

Pour de plus amples renseignements, consulter le rapport de vote mentionné dans le tableau ci-dessus.

La publication suivante de la CEI est citée dans la présente norme:

Publication n° 672-2 (1980): Spécification pour matériaux à base de céramique ou de verre, Deuxième partie: Méthodes d'essai.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SPECIFICATION FOR CERAMIC AND GLASS
INSULATING MATERIALS****Part 3: Individual materials**

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.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
15C(CO)140	15C(CO)152

Further information can be found in the Report on Voting indicated in the table above.

The following IEC publication is quoted in this standard:

Publication No. 672-2 (1980): Specification for Ceramic and Glass Insulating Materials, Part 2: Methods of Test.

SPÉCIFICATION POUR MATÉRIAUX ISOLANTS À BASE DE CÉRAMIQUE OU DE VERRE

Troisième partie: Matériaux particuliers

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 classification.
2. Méthodes d'essai.
3. Matériaux particuliers.

1. **Domaine d'application**

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

2. **Objet**

Constituer un guide de classification des matériaux et donner des valeurs types pour les caractéristiques relatives à chaque sous-groupe (type) de matériaux qui sont définies en fonction des méthodes d'essai de la deuxième partie et concernant uniquement les éprouvettes prescrites pour ces essais. Les valeurs numériques déterminées pour ces propriétés ne peuvent être appliquées à des éprouvettes ou à des produits présentant d'autres formes ou d'autres dimensions ou encore résultant d'autres procédés de fabrication.

3. **Classification – Guide des propriétés**

La classification en sous-groupes individuels (types) des matériaux fait l'objet, avec indication de valeurs numériques types, du tableau I pour les matériaux isolants céramiques et du tableau II pour les matériaux isolants à base de verre.

Les valeurs en italique indiquent que la propriété en cause présente habituellement de l'importance.

SPECIFICATION FOR CERAMIC AND GLASS INSULATING MATERIALS

Part 3: Individual materials

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 classification.
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.

2. Object

To provide, for guidance, a classification of materials and to indicate typical numerical values for the characteristics relevant to each sub-group (type) of material as determined by the test methods of Part 2 and applying only to prescribed test specimens. The numerical values for the properties cannot be extended to test specimens and products of other shapes and dimensions or of other types of manufacture.

3. Classification and guide to properties

Classification into individual sub-groups (types) of materials and typical numerical values of properties are given in Table I for ceramic insulating materials and in Table II for glass insulating materials.

Where a figure is in italics it is considered that this property is usually of importance.

			Groupe	C-100					C-200								
			Matériaux classés comme aluminosilicates aetains (porcelaines)										Matériaux à base de silicates de magnésium (stéatites et forstérites)				
			Sous-groupe	110	111	112	120	130	210	220	221	230	240	250			
			Porcelaines siliceuses	Porcelaines siliceuses pressées	Porcelaines cristobalites	Porcelaines aluminenses résistance normale	Porcelaines aluminenses résistance élevée	Stéatites basse tension	Stéatites	Stéatites à faibles pertes	Stéatites poreuses	Forstérites poreuses	Forstérites denses				
Propriétés	Symboles	Unités															
Porosité apparente	max. P_a	volume %	0,0	3	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	35	30					
Masse volumique	min. ρ_a	g/cm ³	2,2	2,2	2,3	2,3	2,5	2,3	2,6	2,7	1,8	1,9	2,8				
Tenue à la flexion	min. R_f	N/mm ² /MPa	non glacé	50	40	80	90	140	80	120	140	30	35	140			
			glacé	60		100	110	160									
Module d'élasticité	min. E	GPa	60		70		100	60	80	110							
Coefficient moyen de dilatation linéaire	$\alpha_{20^\circ\text{C} \rightarrow 100^\circ\text{C}}$		10 ⁻⁶ K ⁻¹	3 à 6	3 à 5	6 à 8	3 à 6	4 à 7	6 à 8	7 à 9	5 à 8	8 à 10	8 à 10	9 à 11			
	$\alpha_{20^\circ\text{C} \rightarrow 300^\circ\text{C}}$		10 ⁻⁶ K ⁻¹	3 à 6	3 à 6	6 à 8	3 à 6	4 à 7	6 à 8	7 à 9	7 à 9	8 à 10	8 à 10	9 à 11			
	$\alpha_{20^\circ\text{C} \rightarrow 600^\circ\text{C}}$		10 ⁻⁶ K ⁻¹	4 à 7	4 à 7	6 à 8	4 à 7	5 à 7	6 à 8	7 à 9	7 à 9	8 à 10	8 à 10	9 à 11			
	$\alpha_{20^\circ\text{C} \rightarrow 1000^\circ\text{C}}$		10 ⁻⁶ K ⁻¹						6 à 8	8 à 10	8 à 9		8 à 10	10 à 11			
Chaleur massique 20°C à 100°C		c_p	J/kgK	750 à 900	800 à 900	800 à 900	750 à 900	800 à 900	800 à 900	800 à 900	800 à 900	800 à 900	800 à 900	800 à 900			
Conductivité thermique 20°C à 100°C		λ	W/m.K	1 à 2,5	1 à 2,5	1,4 à 2,5	1,2 à 2,6	1,5 à 4,0	1 à 2,5	2 à 3	2 à 3	1,5 à 2	1,4 à 2	3 à 4			
Tenue au choc thermique	min. ΔT	K	150	150	150	150	150	80	80	100			80				
Rigidité diélectrique	min.* E_d	kV/mm	20		20	20	20		15	20			20				
Tension de tenue	min. U	kV	30		30	30	30		20	30			30				
Permittivité relative 48 Hz à 62 Hz		ϵ_r		6 à 7		5 à 6	6 à 7	6 à 7,5	6	6	6		7				
Coefficient de température de la permittivité		ϵ_{TK}	10 ⁻⁶ K ⁻¹	+600 à +500		+600 à +500	+600 à +500	+600 à +500	+160 à +70	+160 à +70	+160 à +70						
Facteur de dissipation à 20°C	max. $\text{tg } \delta$	48 Hz à 62 Hz	10 ⁻³	25		25	25	30	25	5	1,5		1,5				
		1 kHz	10 ⁻³														
		1 MHz	10 ⁻³	12		12	12	15	7	3	1,2		0,5				
Résistivité volumique en fonction de la température (courant continu) min. ρ_v	20°C	ρ_v	Ωcm	10 ¹³	10 ¹²	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹³	10 ¹²	10 ¹³	10 ¹²		10 ¹³				
	200°C	ρ_v	Ωcm	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁹	10 ¹⁰	10 ¹¹	10 ¹⁰	10 ¹¹				
	600°C	ρ_v	Ωcm	10 ⁴	10 ⁴	10 ⁴	10 ⁴	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷				
Température correspondant à une résistivité volumique min. t_{100}	100 M Ω cm	t_{100}	°C	200	200	200	200	200	200	350	500	500	500				
	1 M Ω cm	t_{11}	°C	350	350	350	350	350	400	530	800	800	800				

*Note. - Les valeurs indiquées se rapportent à des essais sur des éprouvettes conformes à la figure 6 de la Publication 672-2 de la CEI.



TABLEAU I

Matériaux isolants céramiques

C-300							C-400		C-500					C-600		C-700				C-800			
Matériaux à base de titane, de titanates, de stannates et de niobates (céramiques: haute permittivité)							Matériaux à base de silicates alcalino-terreux		Matériaux poreux à base de silicates d'aluminium et de magnésium					Matériaux à base de silicates d'aluminium (mullites)		Céramiques à haute teneur en alumine				Céramiques à base d'oxydes spéciaux			
310	320	330	331	340	350	351	410	420	510	511	512	520	530	610	620	780	786	795	799	810	820	830	
A base d'oxyde de titane	A base de titanate-magnésite	A base d'oxyde de titane et de divers autres oxydes			Titanates de strontium ou de calcium de bismuth	A base de titanate de baryum		Cordiérite dense	Feldspath baryté (celésiane) dense	Magnésite comprise			Haute teneur en cordiérite	Haute teneur en alumine	Teneur en Al ₂ O ₃		Teneur en Al ₂ O ₃				Béryle BeO	Magnésite MgO	Zircone ZrO ₂
						% moy. ε _r	% élevé ε _r										50 à 65%	65 à 80%	80 à 86%	86 à 95%			
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	30	20	40	20	30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30	0,0
3,5	3,1	4,0	4,5	3,0	4,0	4,0	2,1	2,7	1,9	1,9	1,8	1,9	2,1	2,6	2,8	3,2	3,4	3,5	3,7	2,8	2,5	5,0	
70	70	80	80	70	50	50	60	80	25	25	15	30	30	120	150	200	250	280	300	150	50	150	
												40		100	150	200	220	280	300	300	90	150	
6 à 8	6 à 10						1 à 3	3 à 5	3 à 5	3 à 6	3 à 5	1,5 à 3,5	3,5 à 5	5 à 6	5 à 6	5 à 7	5,5 à 7,5	5 à 7	5 à 7	5 à 7	8 à 9	8 à 9	
							1 à 3	3 à 5	3 à 5	4 à 6	3 à 5	1,5 à 3,5	3,5 à 5	5 à 6	5 à 6	5 à 7	6 à 8	6 à 7,5	6 à 8	5,5 à 7,5	10 à 12	9 à 11	
							2 à 4	3,5 à 6	3 à 6	4 à 6	3 à 6	2 à 4	4 à 6	5 à 7	5 à 7	6 à 8	6 à 8	6 à 8	7 à 8	7 à 8,5	11 à 13	10 à 12	
							2 à 4,5	4 à 7	3 à 6	4 à 6	3,5 à 6	2,5 à 5	4 à 7	5 à 7	5 à 7	7 à 8	7 à 8	7 à 9	7 à 9	8 à 9,5	12 à 14	11 à 13	
700 à 800	900 à 1000						800 à 1200	800 à 1000	750 à 850	750 à 850	750 à 900	750 à 900	800 à 900	850 à 1050	850 à 1050	850 à 1050	850 à 1050	850 à 1050	850 à 1050	1000 à 1250	850 à 1050	450 à 550	
3 à 4	3,5 à 4						1,5 à 2,5	1,5 à 2	1,2 à 1,7	1,3 à 1,8	1 à 1,5	1,3 à 1,8	1,4 à 2	2 à 6	6 à 15	10 à 16	14 à 24	16 à 28	19 à 30	150 à 220	6 à 10	1,2 à 3,5	
							250	200	150	200	230	300	350	150	150	140	140	140	150	180		80	
8	8	10	10	6	2	2	10	20						17	15	10	15	15	17	13			
15	15	15	15	8	2	2	15	30						25	20	15	18	18	20	20			
40 à 100	12 à 40	25 à 50	30 à 70	100 à 700	350 à 3000	3000	5	7						8	8	8	9	9	9	7	10	22	
-280 à -900	+130 à -150	+70 à -120	-120 à -700	-1200 à -6000			+600 à +500	+100 à +30															
							25	10								1	0,5	0,5	0,2	1			
6,5	2	20	7					12								1,5	1	1	0,5	1			
2	1,5	0,8	1,0	5	35	35	7	0,5								1,5	1	1	1	1		2	
10 ¹²	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ¹²	10 ¹⁴						10 ¹³	10 ¹³	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴		10 ¹¹	
							10 ⁸	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	10 ¹⁰	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²			
							10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸			
							200	600						300	300	400	500	500	500	600	600	100	
							400	900	500	500	500	500	600	600	600	700	800	800	800	900	1000	350	

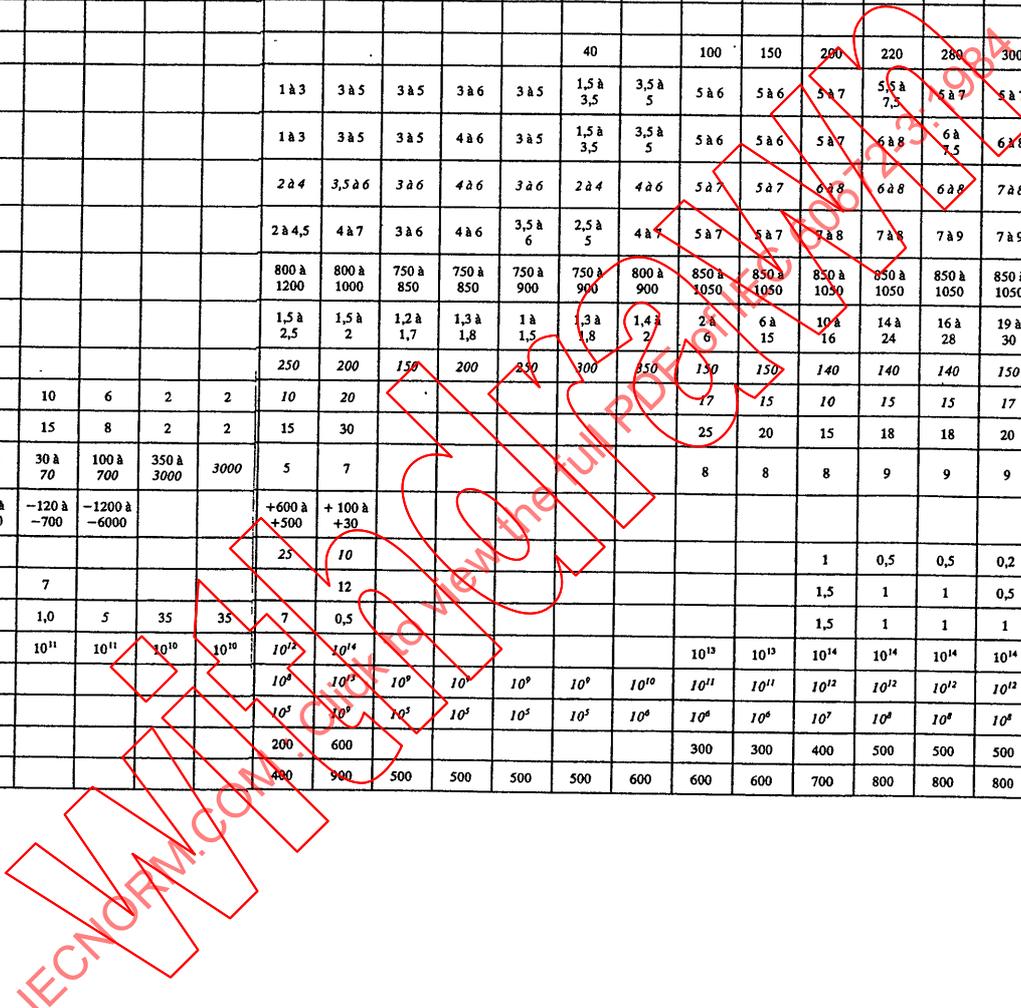


TABLE I
Ceramic insulating materials

			Group	C-100					C-200						
				Materials based on alkaline aluminosilicates (porcelains)					Materials based on magnesium silicates (steatites and forsterites)						
			Sub-group	110	111	112	120	130	210	220	221	230	240	250	
Properties			Symbol	Units	Silicious porcelains	Pressed silicious porcelains	Crystalline porcelains	Aluminous porcelains standard strength	Aluminous porcelains high strength	Steatites low voltage	Steatites	Low loss steatites	Steatites porous	Forsterites porous	Forsterites dense
Open (apparent) porosity	max.	P_a	volume %	0.0	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	35	30	
Bulk density	min.	ρ_a	g/cm ³	2.2	2.2	2.3	2.3	2.5	2.3	2.6	2.7	1.8	1.9	2.8	
Flexural strength	minimum	unglazed	R_f	N/mm ² /MPa	50	40	80	90	140	80	120	140	30	35	140
		glazed	R_g	N/mm ² /MPa	60		100	110	160						
Modulus of elasticity	min.	E	GPa	60		70		100		60	80	110			
Mean coefficient of linear expansion	$\alpha_{20^\circ\text{C to } 100^\circ\text{C}}$		10^{-6} K^{-1}	3 to 6	3 to 5	6 to 8	3 to 6	4 to 7	6 to 8	7 to 9	6 to 8	8 to 10	8 to 10	8 to 10	9 to 11
	$\alpha_{20^\circ\text{C to } 300^\circ\text{C}}$		10^{-6} K^{-1}	3 to 6	3 to 6	6 to 8	3 to 6	4 to 7	6 to 8	7 to 9	7 to 9	8 to 10	8 to 10	8 to 10	9 to 11
	$\alpha_{20^\circ\text{C to } 600^\circ\text{C}}$		10^{-6} K^{-1}	4 to 7	4 to 7	6 to 8	4 to 7	5 to 7	6 to 8	7 to 9	7 to 9	8 to 10	8 to 10	8 to 10	9 to 11
	$\alpha_{20^\circ\text{C to } 1000^\circ\text{C}}$		10^{-6} K^{-1}						6 to 8	8 to 10	8 to 9		8 to 10	10 to 11	
Specific heat capacity 20°C to 100°C		c_p	J/kgK	750 to 900	800 to 900	800 to 900	750 to 900	800 to 900	800 to 900	800 to 900	800 to 900	800 to 900	800 to 900	800 to 900	800 to 900
Thermal conductivity 20°C to 100°C		λ	W/m K	1 to 2.5	1 to 2.5	1.4 to 2.5	1.2 to 2.6	1.5 to 4.0	1 to 2.5	2 to 3	2 to 3	1.5 to 2	1.4 to 2	3 to 4	
Resistance to thermal shock	min.	Δt	K	150	150	150	150	150	80	80	100			80	
Electric strength	min.*	E_d	kV/mm	20	20	20	20			15	20			20	
Withstand voltage	min.	U	kV	30	30	30	30			20	30			30	
Relative permittivity 48 Hz to 62 Hz		ϵ_r		6 to 7		5 to 6	6 to 7	6 to 7.5	6	6	6			7	
Temperature coefficient of permittivity		TK	10^{-4} K^{-1}	+600 to +500		+600 to +500	+600 to +500	+600 to +500	+160 to +70	+160 to +70	+160 to +70				
Dissipation factor at 20°C	max.	48 Hz to 62 Hz	$\tan \delta$	10^{-3}	25		25	25	30	25	5	1.5			1.5
		1 kHz	$\tan \delta$	10^{-3}											
		1 MHz	$\tan \delta$	10^{-3}	12		12	12	15	7	3	1.2			0.5
Volume resistivity in terms of temperature (d.c.)	min.	20°C	ρ_v	Ωcm	10^{13}	10^{12}	10^{13}	10^{13}	10^{13}	10^{12}	10^{12}	10^{13}			10^{13}
		200°C	ρ_v	Ωcm	10^8	10^8	10^8	10^8	10^8	10^9	10^{10}	10^{11}	10^{10}	10^{11}	10^{11}
		600°C	ρ_v	Ωcm	10^4	10^4	10^4	10^4	10^4	10^5	10^5	10^7	10^7	10^7	10^7
Temperature corresponding to a volume resistivity	min.	100 M Ω cm	t_{k100}	°C	200	200	200	200	200	200	350	500	500	500	500
		1 M Ω cm	t_{k1}	°C	350	350	350	350	350	400	530	800	800	800	800

*Note. - Given values refer to tests on specimens according to Figure 6 of IEC Publication 672-2.

IEC NORM. IEC 672-3:1984

C-300							C-400		C-500					C-600		C-700				C-800		
Materials based on titania or titanates, stannates or niobates (high permittivity ceramics)							Materials based on alkaline-earth aluminosilicates		Porous materials based on alumino and magnesium silicates					Materials based on alumino-silicates (mullite ceramics)		High alumina ceramics				Special oxide ceramics		
310	320	330	331	340	350	351	410	420	510	511	512	520	530	610	620	780	786	795	799	810	820	830
Basis titanium oxide	Basis magnesium titanate	Basis titanium and various other oxides		Strontium or calcium bismuth titanate	Basis barium titanate		Cordierite dense	Celsian dense	Including magnesia			High cordierite content	High alumina content	Al ₂ O ₃ content		Al ₂ O ₃ content				Beryllia BeO	Magnesia MgO	Zirconia ZrO ₂
					medium ϵ_r	high ϵ_r								50 to 65%	65 to 80%	80 to 86%	86 to 95%	95 to 99%	>99%			
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	30	20	40	20	30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30	0.0
3.5	3.1	4.0	4.5	3.0	4.0	4.0	2.1	2.7	1.9	1.9	1.8	1.9	2.1	2.6	2.8	3.2	3.4	3.5	3.7	2.8	2.5	5.0
70	70	80	80	70	50	50	60	80	25	25	15	30	30	120	150	200	250	280	300	150	50	150
												40		100	150	200	220	280	300	300	90	150
6 to 8	6 to 10						1 to 3	3 to 5	3 to 5	3 to 6	3 to 5	1.5 to 3.5	3.5 to 5	5 to 6	5 to 6	5 to 7	5.5 to 7.5	5 to 7	5 to 7	5 to 7	8 to 9	8 to 9
							1 to 3	3 to 5	3 to 5	4 to 6	3 to 5	1.5 to 3.5	3.5 to 5	5 to 6	5 to 6	5 to 7	6 to 8	6 to 8	6 to 8	5.5 to 7.5	10 to 12	9 to 11
							2 to 4	3.5 to 6	3 to 6	4 to 6	3 to 6	2 to 4	4 to 6	5 to 7	5 to 7	6 to 8	6 to 8	6 to 8	7 to 8	7 to 8	11 to 13	10 to 12
							2 to 4.5	4 to 7	3 to 6	4 to 6	3.5 to 6	2.5 to 5	4 to 7	5 to 7	5 to 7	7 to 8	7 to 8	7 to 9	7 to 9	8 to 9.5	12 to 14	11 to 13
700 to 800	900 to 1000						800 to 1200	800 to 1000	750 to 850	750 to 850	750 to 900	750 to 900	800 to 900	850 to 1050	850 to 1050	850 to 1050	850 to 1050	850 to 1050	850 to 1050	1000 to 1250	850 to 1050	450 to 550
3 to 4	3.5 to 4						1.5 to 2.5	1.5 to 2	1.2 to 1.7	1.3 to 1.8	1 to 1.5	1.3 to 1.8	1.4 to 2	2 to 6	6 to 15	10 to 16	14 to 24	16 to 28	19 to 30	150 to 220	6 to 10	1.2 to 3.5
							250	200	150	200	250	300	350	150	150	140	140	140	150	180		80
8	8	10	10	6	2	2	10	20						17	15	10	15	15	17	13		
15	15	15	15	8	2	2	15	30						25	20	15	18	18	20	20		
40 to 100	12 to 40	25 to 50	30 to 70	100 to 700	350 to 3000	3000	5	7						8	8	8	9	9	9	7	10	22
-280 to -900	+130 to -150	+70 to -120	-120 to -700	-1200 to -6000			+600 to +500	+100 to +30														
							25	10								1	0.5	0.5	0.2	1		
6.5	2	20	7					12								1.5	1	1	0.5	1		
2	1.5	0.8	1.0	5	35	35	7	0.5								1.5	1	1	1	1		2
10 ¹²	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ¹¹						10 ¹³	10 ¹³	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹⁴		10 ¹¹
							10 ⁸	10 ¹³	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	10 ¹⁰	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²		
							10 ⁶	10 ⁹	10 ³	10 ³	10 ³	10 ³	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸		
							200	600						300	300	400	500	500	500	600	600	100
							400	900	500	500	500	500	600	600	600	700	800	800	800	900	1000	350

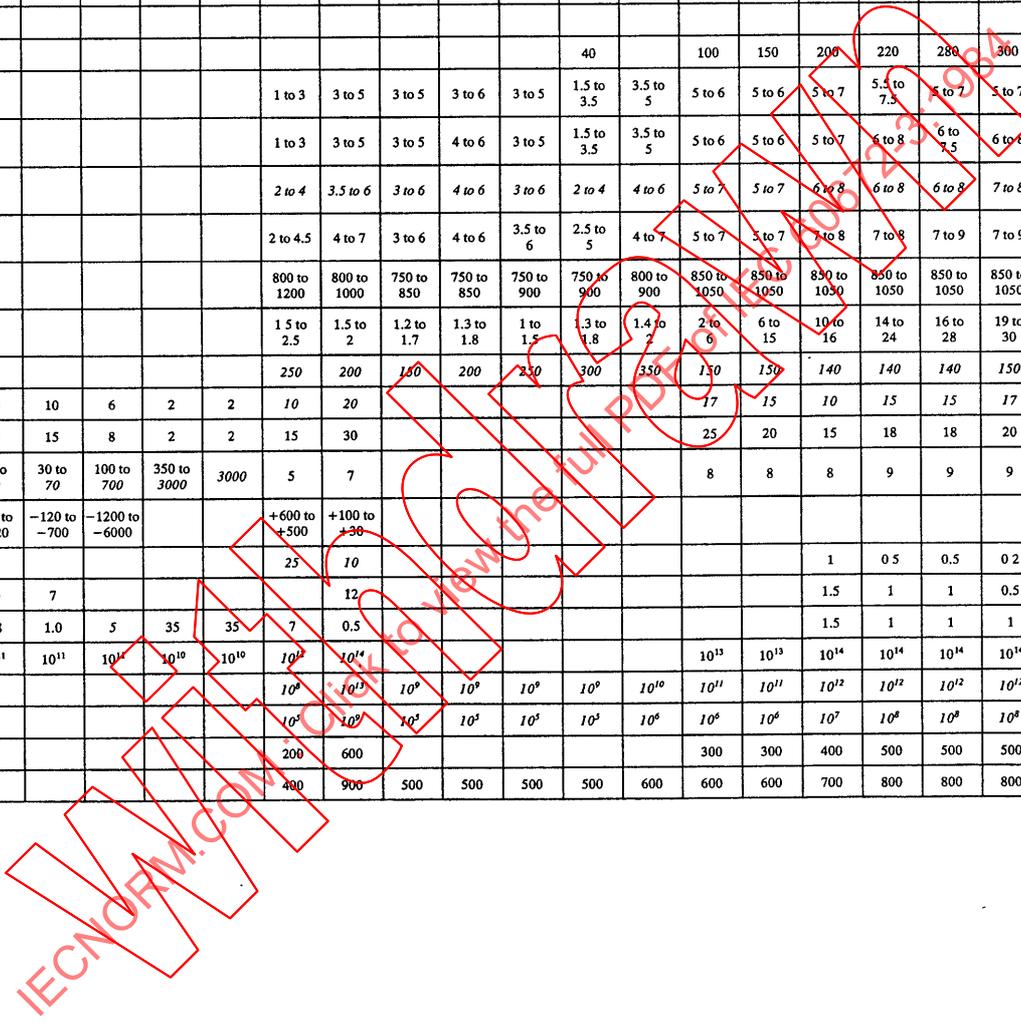


TABLEAU II
Verres isolants

Propriétés	Groupe		Symboles	Unités	G-100		G-200	G-300		G-400	G-500	G-600
	Verres alcalins chaux-silice				Verres borosilicates à résistance électrique élevée	Verres silicates alcalins à l'oxyde de plomb		Verres silicates alcalins chaux/alumine	Verres silicates alcalins à l'oxyde de baryum			
	Sous-groupe	Verres alcalins chaux-silice										
					110	120		310	320			
					Recuits	Tempés		Faibles pertes	Haute tension			
Masse volumique	min.		ρ	g/cm ³	2,4	2,4	2,2	2,2	2,3	2,5	2,8	2,6
Tenue à la flexion	min.		R_f	N/mm ² / MPa	30	150	30	30	30	40	30	30
Module d'élasticité	min.		E	10 ³ N/mm ² / GPa	70	70	60	60	70	80	60	70
Coefficient moyen de dilatation linéaire			$\alpha_{20^\circ\text{C}}$	10 ⁻⁶ K ⁻¹	8 à 9,5	8 à 9,5	3 à 5					
			$\alpha_{20^\circ\text{C}}$	10 ⁻⁶ K ⁻¹	8,5 à 10	8,5 à 10	3 à 5	4,6 à 5,1	4,6 à 5,5	4 à 4,6	8 à 10	9 à 10
Température de transformation			T_g	°C	500 à 560	500 à 560	520 à 560	480 à 510		620 à 730	430 à 470	430 à 500
Rigidité diélectrique	min.		E_d	kV/mm	25	25	30	30	30	30		
Tension de tenue	min.		U	kV	25	25	30	30	30	30		
Permittivité relative à 1 MHz et 20°C			ϵ_r	—	6,5 à 7,6	7,3 à 7,6	4,9 à 5,5	4,9 à 5,5	5 à 6	5,5 à 7,5	6 à 8	6,5 à 7,5
Coefficient de température de la permittivité			TK_ϵ	10 ⁻³ K ⁻¹	3 à 20	3 à 20	2 à 10					
Facteur de dissipation à 20°C	max.		$\text{tg } \delta$	10 ⁻³	30	60	20	3,5	30	2,5	3	4
			$\text{tg } \delta$	10 ⁻³	20	60	10	2,5	12	2,5	2,5	
			$\text{tg } \delta$	10 ⁻³	10	60	10	2	8	3	2	2,5
Résistivité volumique exprimée en température min. (courant continu)	20°C		ρ_v	Ωcm	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹⁴	10 ¹⁴	10 ¹³	10 ¹⁴	10 ¹⁷	10 ¹⁴
	200°C		ρ_v	Ωcm	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁹	10 ¹⁰	10 ⁸	10 ¹²	10 ¹⁰	10 ¹⁰
Température correspondant à une résistivité volumique	100 M Ωcm		t_{k100}	°C	170	180	250	350	200	430	280	250
	1 M Ωcm		t_{k1}	°C	280	280	400	480	350	600	430	400