

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Fixed capacitors for use in electronic equipment –
Part 22: Sectional specification – Fixed surface mount multilayer capacitors of
ceramic dielectric, Class 2**

**Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques –
Partie 22: Spécification intermédiaire – Condensateurs multicouches fixes à
diélectriques en céramique pour montage en surface, de Classe 2**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60384-22

Edition 2.0 2011-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Fixed capacitors for use in electronic equipment –
Part 22: Sectional specification – Fixed surface mount multilayer capacitors of
ceramic dielectric, Class 2**

**Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques –
Partie 22: Spécification intermédiaire – Condensateurs multicouches fixes à
diélectriques en céramique pour montage en surface, de Classe 2**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 31.060.10

ISBN 978-2-88912-821-1

CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 General	8
1.1 Scope.....	8
1.2 Object	8
1.3 Normative references	8
1.4 Information to be given in a detail specification	8
1.4.1 Outline drawing and dimensions	9
1.4.2 Mounting	9
1.4.3 Rating and characteristics	9
1.4.4 Marking	10
1.5 Terms and definitions	10
1.6 Marking	10
1.6.1 Information for marking.....	11
1.6.2 Marking on the body	11
1.6.3 Requirements for marking.....	11
1.6.4 Marking of the packaging.....	11
1.6.5 Additional marking	11
2 Preferred rating and characteristics	11
2.1 Preferred characteristics	11
2.1.1 Preferred climatic categories	11
2.2 Preferred values of ratings	12
2.2.1 Rated temperature (T_R)	12
2.2.2 Rated voltage (U_R)	12
2.2.3 Category voltage (U_C)	12
2.2.4 Preferred values of nominal capacitance and associated tolerance values	12
2.2.5 Temperature characteristic of capacitance.....	13
2.2.6 Dimensions	14
3 Quality assessment procedures	14
3.1 Primary stage of manufacture.....	14
3.2 Structurally similar components	14
3.3 Certified records of released lots	14
3.4 Qualification approval.....	14
3.4.1 Qualification approval on the basis of the fixed sample size procedures	14
3.4.2 Tests	15
3.5 Quality conformance inspection.....	20
3.5.1 Formation of inspection lots.....	20
3.5.2 Test schedule	20
3.5.3 Delayed delivery	20
3.5.4 Assessment levels	20
4 Test and measurement procedures.....	22
4.1 Special preconditioning	22
4.2 Measuring conditions	22
4.3 Mounting	22
4.4 Visual examination and check of dimensions	22
4.4.1 Visual examination	22

4.4.2	Requirements	22
4.5	Electrical tests.....	24
4.5.1	Capacitance	24
4.5.2	Tangent of loss angle ($\tan \delta$)	25
4.5.3	Insulation resistance.....	25
4.5.4	Voltage proof.....	26
4.5.5	Impedance (if required by the detail specification)	27
4.5.6	Equivalent series resistance [ESR] (if required by the detail specification)	27
4.6	Temperature characteristic of capacitance	27
4.6.1	Special preconditioning	27
4.6.2	Measuring conditions.....	27
4.6.3	Requirements	28
4.7	Shear test	28
4.8	Substrate bending test	28
4.8.1	Initial measurement	28
4.8.2	Final inspection	28
4.9	Resistance to soldering heat	29
4.9.1	Special preconditioning	29
4.9.2	Initial measurement	29
4.9.3	Test conditions	29
4.9.4	Recovery	30
4.9.5	Final inspection, measurements and requirements	30
4.10	Solderability	31
4.10.1	Test conditions	31
4.10.2	Recovery	32
4.10.3	Final inspection, measurements and requirements	32
4.11	Rapid change of temperature	32
4.11.1	Special preconditioning	32
4.11.2	Initial measurement	32
4.11.3	Number of cycles.....	32
4.11.4	Recovery	32
4.11.5	Final inspection, measurements and requirements	32
4.12	Climatic sequence	33
4.12.1	Special preconditioning	33
4.12.2	Initial measurement	33
4.12.3	Dry heat	33
4.12.4	Damp heat, cyclic, Test Db, first cycle	33
4.12.5	Cold	33
4.12.6	Damp heat, cyclic, Test Db, remaining cycles	33
4.12.7	Final inspection, measurements and requirements	34
4.13	Damp heat, steady state.....	34
4.13.1	Special preconditioning	34
4.13.2	Initial measurement	34
4.13.3	Conditions of test	34
4.13.4	Recovery	35
4.13.5	Final inspection, measurements and requirements	35
4.14	Endurance.....	35
4.14.1	Special preconditioning	35

4.14.2 Initial measurement	36
4.14.3 Conditions of test	36
4.14.4 Recovery	36
4.14.5 Final inspection, measurements and requirements	36
4.15 Robustness of terminations (only for capacitors with strip termination)	37
4.15.1 Test conditions	37
4.15.2 Final inspection and requirements	37
4.16 Component solvent resistance (if required).....	37
4.17 Solvent resistance of the marking (if required).....	37
4.18 Accelerated damp heat, steady state (if required).....	37
4.18.1 Initial measurement	37
4.18.2 Conditioning	38
4.18.3 Recovery	38
4.18.4 Final measurements	38
Annex A (normative) Guidance for the specification and coding of dimensions of fixed surface mount multilayer capacitors of ceramic dielectric, Class 2	39
Annex B (informative) Capacitance ageing of fixed capacitors of ceramic dielectric, Class 2	40
Annex C (informative) Temperature characteristics of capacitance for the reference temperature of 25 °C	42
Bibliography.....	43
Figure 1 – Fault: crack or fissure	23
Figure 2 – Fault: crack or fissure	23
Figure 3 – Separation or delamination	23
Figure 4 – Exposed electrodes.....	23
Figure 5 – Principal faces	24
Figure 6 – Reflow temperature profile	30
Figure A.1 – Dimensions	39
Table 1 – Preferred values of category voltages	12
Table 2 – Preferred tolerances.....	13
Table 3 – Temperature characteristic of capacitance	13
Table 4 – Fixed sample size test plan for qualification approval, assessment level EZ	16
Table 5 – Tests schedule for qualification approval	17
Table 6a – Lot-by-lot inspection	21
Table 6b – Periodic test	21
Table 7 – Measuring conditions	24
Table 8 – Tangent of loss angle limits	25
Table 9 – Test voltages.....	26
Table 10 – Details of measuring conditions	27
Table 11 – Reflow temperature profiles for Sn-Ag-Cu alloy	30
Table 12 – Maximum capacitance change.....	31
Table 13 – Maximum capacitance change.....	33
Table 14 – Number of damp heat cycles	33
Table 15 – Final inspection, measurements and requirements	34

Table 16 – Test conditions for damp heat, steady state.....	35
Table 17 – Final inspection, measurements and requirements	35
Table 18 – Endurance test conditions ($U_C = U_R$)	36
Table 19 – Endurance test conditions ($U_C \neq U_R$)	36
Table 20 – Final inspection, measurements and requirements of endurance test	37
Table 21 – Initial requirements.....	38
Table 22 – Conditioning	38
Table A.1 – Dimensions	39
Table C.1 – Temperature characteristics of capacitance for the reference temperature of 25 °C	42
Table C.2 – Measuring conditions of temperature characteristic of capacitance for the reference temperature of 25 °C	42

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIXED CAPACITORS FOR USE IN ELECTRONIC EQUIPMENT –**Part 22: Sectional specification – Fixed surface mount
multilayer capacitors of ceramic dielectric, Class 2**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60384-22 has been prepared by IEC technical committee 40: Capacitors and resistors for electronic equipment.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2004 and contains the following significant technical changes with respect to the previous edition.

- The measuring frequency of 1 MHz has been reduced to 1 kHz for 100 pF, see 4.5.1 Capacitance.
- The test voltage of $1,2 U_R$ at $U_R \geq 1\,000\text{ V}$ has been added in 4.5.4 Voltage proof.
- Detail test conditions have been added in 4.7 Shear test and 4.8 Substrate bending test.
- Test conditions applying lead free solder alloy (Sn-Ag-Cu) have been included in 4.9 Resistance to soldering heat and 4.10 Solderability.
- A selection of the test conditions according to marketing needs has been stated in 4.13 Damp heat, steady state.

- The dimensions of 0402 M in Annex A have been added.
- The temperature characteristics code of capacitance for the reference temperature of 25 °C has been added, see Annex C.

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

FDIS	Report on voting
40/2128/FDIS	40/2141/RVD

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

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

The list of all parts of the IEC 60384 series, under the general title *Fixed capacitors for use in electronic equipment*, can be found on the IEC web site.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

FIXED CAPACITORS FOR USE IN ELECTRONIC EQUIPMENT –

Part 22: Sectional specification – Fixed surface mount multilayer capacitors of ceramic dielectric, Class 2

1 General

1.1 Scope

This part of IEC 60384 is applicable to fixed unencapsulated surface mount multilayer capacitors of ceramic dielectric, Class 2, for use in electronic equipment. These capacitors have metallized connecting pads or soldering strips and are intended to be mounted on printed boards, or directly onto substrates for hybrid circuits.

Capacitors for electromagnetic interference suppression are not included, but are covered by IEC 60384-14.

1.2 Object

The object of this standard is to prescribe preferred ratings and characteristics and to select from IEC 60384-1 the appropriate quality assessment procedures, tests and measuring methods and to give general performance requirements for this type of capacitor. Test severities and requirements prescribed in detail specifications referring to this sectional specification should be of equal or higher performance level, lower performance levels are not permitted.

1.3 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60063:1963, *Preferred number series for resistors and capacitors*
Amendment 1 (1967)
Amendment 2 (1977)

IEC 60068-1:1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*
Amendment 1 (1992)

IEC 60068-2-58:2004, *Environmental testing – Part 2-58: Tests – Test Td – Test methods for solderability, resistance to dissolution of metallization and to soldering heat of surface mounting devices (SMD)*

IEC 60384-1:2008, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 1: Generic specification*

IEC 61193-2:2007, *Quality assessment systems – Part 2: Selection and use of sampling plans for inspection of electronic components and packages*

ISO 3:1973, *Preferred numbers – Series of preferred numbers*

1.4 Information to be given in a detail specification

Detail specifications shall be derived from the relevant blank detail specification.

Detail specifications shall not specify requirements inferior to those of the generic, sectional or blank detail specification. When more severe requirements are included, they shall be listed in 1.9 of the detail specification and indicated in the test schedules, for example by an asterisk.

NOTE The information given in 1.4.1 may for convenience, be presented in tabular form.

The following information shall be given in each detail specification and the values quoted shall preferably be selected from those given in the appropriate clause of this sectional specification.

1.4.1 Outline drawing and dimensions

There shall be an illustration of the capacitors as an aid to easy recognition and for comparison of the capacitors with others.

Dimensions and their associated tolerances, which affect interchangeability and mounting, shall be given in the detail specification. All dimensions shall preferably be stated in millimetres, however, when the original dimensions are given in inches, the converted metric dimensions in millimetres shall be added.

Normally the numerical values shall be given for the length, width and height of the body. When necessary, for example when a number of items (sizes and capacitance/voltage ranges) are covered by a detail specification, the dimensions and their associated tolerances shall be placed in a table below the drawing.

When the configuration is other than described above, the detail specification shall state such dimensional information as will adequately describe the capacitors.

1.4.2 Mounting

The detail specification shall give guidance on methods of mounting for normal use. Mounting for test and measurement purposes (when required) shall be in accordance with 4.3 of this sectional specification.

1.4.3 Rating and characteristics

The ratings and characteristics shall be in accordance with the relevant clauses of this specification, together with the following.

1.4.3.1 Nominal capacitance range

See 2.2.4.1.

NOTE When products approved to the detail specification have different ranges, the following statement should be added: "The range of capacitance values available in each voltage range is given in the register of approvals, available for example on the website www.iecq.org".

1.4.3.2 Particular characteristics

Additional characteristics may be listed, when they are considered necessary to specify adequately the component for design and application purposes.

1.4.3.3 Soldering

The detail specification shall prescribe the test methods, severities and requirements applicable for the solderability and the resistance to soldering heat tests.

1.4.4 Marking

The detail specification shall specify the content of the marking on the capacitor and on the package. Deviations from 1.6 of this sectional specification shall be specifically stated.

1.5 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60384-1, as well as the following apply.

1.5.1

surface mount capacitor

capacitor whose small dimensions and nature or shape of terminations make it suitable for surface mounting in hybrid circuits and on printed boards

1.5.2

fixed capacitors, ceramic dielectric, Class 2

capacitor which has a dielectric with a high permittivity and is suitable for by-pass and coupling applications or for frequency discriminating circuits where low losses and high stability of capacitance are not of major importance

NOTE The ceramic dielectric is characterized by a non linear change of capacitance over the category temperature range (see Table 3).

1.5.3

subclass

maximum percentage change of capacitance within the category temperature range with respect to the capacitance at 20 °C

NOTE The subclass may be expressed in code form (see Table 3).

1.5.4

category temperature range

range of ambient temperatures for which the capacitor has been designed to operate continuously; this is given by the lower and upper category temperature

1.5.5

rated temperature

T_R

maximum ambient temperature at which the rated voltage may be continuously applied

1.5.6

rated d.c. voltage

U_R

maximum d.c. voltage which may be applied continuously to a capacitor at any temperature between the lower category temperature and the rated temperature

NOTE Maximum d.c. voltage is the sum of the d.c. voltage and peak a.c. voltage or peak pulse voltage applied to the capacitor.

1.5.7

category voltage

U_C

maximum voltage which may be applied continuously to a capacitor at its upper category temperature

1.6 Marking

See IEC 60384-1, 2.4, with the following details.

1.6.1 Information for marking

Information given in the marking is normally selected from the following list; the relative importance of each item is indicated by its position in the list:

- nominal capacitance;
- rated voltage (d.c. voltage may be indicated by the symbol (--- or —));
- tolerance on nominal capacitance;
- dielectric subclass as applicable (according to 2.2.5);
- year and month (or week) of manufacture;
- manufacturer's name or trade mark;
- climatic category;
- manufacturer's type designation;
- reference to the detail specification.

1.6.2 Marking on the body

These capacitors are generally not marked on the body. If some marking can be applied, they shall be clearly marked with as many as possible of the above items as is considered useful. Any duplication of information in the marking on the capacitor should be avoided.

1.6.3 Requirements for marking

Any marking shall be legible and not easily smeared or removed by rubbing with the finger.

1.6.4 Marking of the packaging

The packaging containing the capacitor(s) shall be clearly marked with all the information listed in 1.6.1.

1.6.5 Additional marking

Any additional marking shall be so applied that no confusion can arise.

2 Preferred rating and characteristics

2.1 Preferred characteristics

The values given in the detail specification shall preferably be selected from the following.

2.1.1 Preferred climatic categories

The capacitors covered by this sectional specification are classified into climatic categories according to the general rules given in IEC 60068-1.

The lower and upper category temperatures and the duration of the damp heat, steady state test shall be chosen from the following:

- lower category temperature: $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- upper category temperature: $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- duration of the damp heat, steady state test ($40\text{ }^{\circ}\text{C}$, 93 % RH): 4, 10, 21 and 56 days.

The severities for the cold and dry heat tests are the lower and upper category temperatures respectively.

NOTE The resistance to humidity resulting from the above climatic category is for the capacitors in their unmounted state. The climatic performance of the capacitors after mounting is greatly influenced by the mounting substrate, the mounting method (see 4.3) and the final coating.

2.2 Preferred values of ratings

2.2.1 Rated temperature (T_R)

The rated temperature is equal to the upper category temperature for capacitors with the upper category temperature not exceeding 125 °C, unless otherwise stated in the detail specification.

2.2.2 Rated voltage (U_R)

The preferred values of the rated voltage are the values of the R5 series of ISO 3. If other values are needed they shall be chosen from the R10 series.

The sum of the d.c. voltage and the peak a.c. voltage or the peak to peak a.c. voltage, whichever is the greater, applied to the capacitor shall not exceed the rated voltage. The value of the peak a.c. voltage shall not exceed the value determined by the permissible reactive power.

2.2.3 Category voltage (U_C)

The category voltage is equal to the rated voltage for capacitors with the upper category temperature not exceeding 125 °C. Any category voltages which are different from the rated voltage, for capacitors with the upper category temperature exceeding 125 °C or for high voltage capacitors with rated voltages above 500 V, shall be given by the detail specification.

The preferred values of the category voltage at 125 °C upper category temperature for high volumetric capacitors with a rated voltage of 16 V and less and a rated temperature of 85 °C are given in Table 1.

Table 1 – Preferred values of category voltages

U_R V	2,5	4	6,3	10	16
U_C V	1,6	2,5	4	6,3	10
NOTE The numeric values of U_C are calculated by the following: $U_C = 0,63 \times U_R.$					

2.2.4 Preferred values of nominal capacitance and associated tolerance values

2.2.4.1 Preferred values of nominal capacitance

Nominal capacitance values shall be taken from the series of IEC 60063; the E3, E6 and E12 series are preferred.

2.2.4.2 Preferred tolerances on nominal capacitance

See Table 2.

Table 2 – Preferred tolerances

Preferred series	Tolerance %	Letter code
E3 and E6	–20/+80	Z
	–20/+50	S
E6	±20	M
E6 and E12	±10	K

2.2.5 Temperature characteristic of capacitance

Table 3 denotes with a cross the preferred values of the temperature characteristic with and without a d.c. voltage applied. The method of coding the subclass is also given; for example a dielectric with a percentage change of ± 20 % without d.c. voltage applied over the temperature range from -55 °C to $+125$ °C will be defined as a dielectric of subclass 2C1.

The temperature range for which the temperature characteristic of the dielectric is defined is the same as the category temperature range.

Table 3 – Temperature characteristic of capacitance

Sub-class letter code	Maximum capacitance change within the category temperature range with respect to the capacitance at 20 °C measured with and without a d.c. voltage applied %		Category temperature range and corresponding number code					
			–55/+150 °C	–55/+125 °C	–55/+85 °C	–40/+85 °C	–25/+85 °C	+10/+85 °C
	without d.c. voltage applied	with d.c. voltage applied (NOTE 1)	0	1	2	3	4	6
2B	± 10	Requirements specified in the detail specification			×	×	×	
2C	± 20			×	×	×		
2D	+20/–30			×			×	
2E	+22/–56				×	×	×	×
2F	+30/–80				×	×	×	×
2R	± 15		×	×	×		×	

NOTE 1 d.c. voltage applied is either rated voltage or the voltage specified in the detail specification.

NOTE 2 "×" indicates preferred.

NOTE 3 When the upper category temperature is above 125 °C, the limits of capacitance change, both with and without d.c. voltage applied should be given in the detail specification.

NOTE See Annex C for the reference temperature of 25 °C as informative guide.

2.2.6 Dimensions

Suggested rules for the specification and coding of dimensions are given in Annex A.

Specific dimensions shall be given in the detail specification.

3 Quality assessment procedures

3.1 Primary stage of manufacture

The primary stage of manufacture is the first common firing of the dielectric-electrode assembly.

3.2 Structurally similar components

Capacitors considered as being structurally similar are capacitors produced with similar processes and materials, though they may be of different case sizes and values.

3.3 Certified records of released lots

The information required in IEC 60384-1, Clause Q.9 shall be made available when prescribed in the detail specification and when requested by a purchaser. After the endurance test the parameters for which variables information is required are the capacitance change, $\tan \delta$ and the insulation resistance.

3.4 Qualification approval

The procedures for qualification approval testing are given in IEC 60384-1, Clause Q.5.

The schedule to be used for qualification approval testing on the basis of lot-by-lot and periodic tests is given in 3.5 of this sectional specification. The procedure using a fixed sample size schedule is given in 3.4.1 and 3.4.2.

3.4.1 Qualification approval on the basis of the fixed sample size procedures

The fixed sample size procedure is described in IEC 60384-1, Q.5.3, b). The sample shall be representative of the range of capacitors for which approval is sought. This may or may not be the complete range covered by the detail specification.

For each temperature characteristic, the sample shall consist of specimens of capacitors of maximum and minimum size and for each of these sizes, the maximum capacitance value for the highest rated voltage and minimum rated voltage of the voltage ranges for which approval is sought. When there are more than four rated voltages, an intermediate voltage shall also be tested. Thus, for the approval of a range, testing is required of either four or six values (capacitance/voltage combinations) for each temperature characteristic. Where the total range consists of less than four values, the number of specimens to be tested shall be that required for four values.

In case assessment level EZ is used, spare specimens are permitted as follows:

Two (for six values) or three (for four values) per value which may be used as replacements for specimens, which are non-conforming because of incidents not attributable to the manufacturer.

The numbers given in Group 0 assume that all groups are applicable. If this is not so, the numbers may be reduced accordingly.

When additional groups are introduced into the qualification approval test schedule, the number of specimens required for Group 0 shall be increased by the same number as that required for the additional groups.

Table 4 gives the number of samples to be tested in each group or subgroup together with the number of permissible non-conformances for the qualification approval test.

3.4.2 Tests

The complete series of tests specified in Tables 4 and 5 are required for the approval of capacitors covered by one detail specification. The tests of each group shall be carried out in the order given.

The whole sample shall be subjected to the tests of Group 0 and then divided for the other groups.

Non-conforming specimens found during the tests of Group 0 (according to Table 4) shall not be used for the other groups.

“One non-conforming item” is counted when a capacitor has not satisfied the whole or a part of the tests of a group.

The approval is granted when the number of non-conforming items do not exceed the specified number of permissible non-conforming items for each group or subgroup and the total number of permissible non-conformances.

NOTE Tables 4 and 5 together form the fixed sample size test schedule. Table 4 includes the details for the sampling and permissible non-conforming items for the different tests or groups of tests. Table 5 together with the details of the test contained in Clause 4 gives a complete summary of test conditions and performance requirements and indicates where, for example for the test method or conditions of test, a choice has to be made in the detail specification.

The conditions of test and performance requirements for the fixed sample size test schedule should be identical to those prescribed in the detail specification for quality conformance inspection.

Table 4 – Fixed sample size test plan for qualification approval, assessment level EZ

Group No.	Test	Subclause of this publication	Number of specimens <i>n</i> ^e	Permissible number of non-conforming items <i>c</i>
0	Visual examination Dimensions Capacitance Tangent of loss angle Insulation resistance Voltage proof Spare specimens	4.4 4.4 4.5.1 4.5.2 4.5.3 4.5.4	132+24 ^f 12	0
1A	Robustness of termination ^g Resistance to soldering heat Component solvent resistance ^b	4.15 4.9 4.16	12	0
1B	Impedance ^b Equivalent series resistance [ESR] ^b Solderability Solvent resistance of marking ^b	4.5.5 4.5.6 4.10 4.17	12	0
2	Substrate bending test ^d	4.8	12	0
3 ^a	Mounting Visual examination Capacitance Tangent of loss angle Insulation resistance Voltage proof	4.3 4.4 4.5.1 4.5.2 4.5.3 4.5.4	84+24 ^f	0 ^c
3.1	Shear test ^h Rapid change of temperature Climatic sequence	4.7 4.11 4.12	24	0
3.2	Damp heat, steady state	4.13	24	0
3.3	Endurance	4.14	36	0
3.4	Accelerated damp heat, steady state ^b	4.18	24 ^f	0
4	Temperature characteristic of capacitance	4.6	12	0

^a The values of these measurements serve as initial measurements for the tests of Group 3.

^b If required in the detail specification.

^c The capacitors found non-conforming items after mounting shall not be taken into account when calculating the permissible non-conforming for the following tests. They shall be replaced by spare capacitors.

^d Not applicable to capacitors, which according to their detail specification shall only be mounted on alumina substrates.

^e Capacitance/voltage combinations, see 3.4.1.

^f Additional capacitors if Group 3.4 is tested.

^g Applicable to capacitors with strip terminations.

^h Not applicable to capacitors with strip terminations.

Table 5 – Tests schedule for qualification approval

Subclause number and test (see NOTE 1)	D or ND	Conditions of test (see NOTE 1)	Number of specimens (<i>n</i>) and number of non-conforming items (<i>c</i>)	Performance requirements (see NOTE 1)
GROUP 0 4.4 Visual examination 4.4 Dimension (detail) 4.5.1 Capacitance 4.5.2 Tangent of loss angle ($\tan \delta$) 4.5.3 Insulation resistance 4.5.4 Voltage proof	ND	Frequency: ... Hz Measuring voltage: ... V r.m.s. Frequency and measuring voltage same as in 4.5.1 See detail specification for the method See detail specification for the method	See Table 4	As in 4.4.2 Legible marking and as specified in the detail specification See the detail specification Within specified tolerance As in 4.5.2 As in 4.5.3.3 No breakdown or flashover
GROUP 1A 4.15 Robustness of termination (if applicable) 4.9.2 Initial measurement 4.9 Resistance to soldering heat 4.9.5 Final measurement 4.16 Component solvent resistance (if applicable)	D	Test U_{a1} , force: 2,5 N Test U_b , method 1, force: 2,5 N Number of bends: 1 Visual examination Capacitance Special preconditioning as in 4.1 See detail specification for the method Recovery: (24 ± 2) h Visual examination Capacitance Solvent: ... Solvent temperature: ... Method 2 Recovery: ...	See Table 4	No visible damage As in 4.9.5 As in 4.9.5 See detail specification
GROUP 1B 4.5.5 Impedance (if required) 4.5.6 ESR (if required) 4.10 Solderability 4.10.3 Final measurements	D	Frequency: 100 kHz Frequency: 100 kHz See detail specification for the method Visual examination	See Table 4	See detail specification See detail specification As in 4.10.3

Table 5 – Tests schedule for qualification approval (*continued*)

Subclause number and test (see NOTE 1)	D or ND	Conditions of test (see NOTE 1)	Number of specimens (<i>n</i>) and number of non-conforming items (<i>c</i>)	Performance requirements (see NOTE 1)
4.17 Solvent resistance of the marking ^a (if required)	D	Solvent: ... Solvent temperature: ... Method 1 Rubbing material: cotton wool Recovery: ...		Legible marking
GROUP 2 4.8 Substrate bending test 4.8.1 Initial measurement 4.8.2 Final inspection	D	Deflection: ... Number of bends: ... Capacitance Capacitance (with printed board in bent position) Visual examination	See Table 4	See detail specification $ \Delta C/C \leq 10 \%$ No visible damage
GROUP 3 4.3 Mounting	D	Substrate material: ... ^b Visual examination Capacitance Tangent of loss angle Insulation resistance Voltage proof	See Table 4	As in 4.4.2 Within specified tolerance As in 4.5.2 As in 4.5.3.3 No breakdown or flashover
GROUP 3.1 4.7 Shear test 4.11.2 Initial measurement 4.11 Rapid change of temperature 4.11.5 Final measurements 4.12 Climatic sequence 4.12.2 Initial measurement 4.12.3 Dry heat 4.12.4 Damp heat, cyclic, test Db, first cycle	D	Visual examination Capacitance Special preconditioning as in 4.1 T_A = Lower category temperature T_B = Upper category temperature Five cycles Duration $t_1 = 30$ min Recovery: (24 ± 2) h Visual examination Capacitance Special preconditioning as in 4.1 Capacitance Temperature: upper category temperature Duration: 16 h	See Table 4	No visible damage No visible damage $\Delta C/C$: as in 4.11.5

Table 5 – Tests schedule for qualification approval (*continued*)

Subclause number and test (see NOTE 1)	D or ND	Conditions of test (see NOTE 1)	Number of specimens (<i>n</i>) and number of non-conforming items (<i>c</i>)	Performance requirements (see NOTE 1)
4.12.5 Cold 4.12.6 Damp heat, cyclic, test Db, remaining cycles 4.12.7 Final measurements	D	Temperature: lower category temperature Duration: 2 h Visual examination Recovery: (24 ± 2) h Visual examination Capacitance Tangent of loss angle Insulation resistance	See Table 4	No visible damage No visible damage Legible marking $\Delta C/C$: as in 4.12.7 As in 4.12.7 As in 4.12.7
GROUP 3.2 4.13 Damp heat, steady state 4.13.2 Initial measurement 4.13.5 Final measurements	D	Special preconditioning as in 4.1 Capacitance Recovery: (24 ± 2) h Visual examination Capacitance Tangent of loss angle Insulation resistance	See Table 4	No visible damage Legible marking $\Delta C/C$: as in 4.13.5 As in 4.13.5 As in 4.13.5
GROUP 3.3 4.14 Endurance 4.14.2 Initial measurement 4.14.5 Final measurements	D	Special preconditioning as in 4.1 Duration: ... h Temperature: ... °C Voltage: ... V Capacitance Recovery: (24 ± 2) h Visual examination Capacitance Tangent of loss angle Insulation resistance	See Table 4	No visible damage Legible marking $\Delta C/C$: as in 4.14.5 As in 4.14.5 As in 4.14.5
GROUP 3.4 4.18 Accelerated damp heat, steady state (if required) 4.18.1 Initial measurement 4.18.4 Final measurements	D	Duration: ... h Temperature: (85 ± 2) °C Humidity: (85 ± 3) % Insulation resistance Recovery: (24 ± 2) h Insulation resistance	See Table 4	As in 4.18.1 As in 4.18.4
GROUP 4 4.6 Temperature characteristic of capacitance	ND	Special preconditioning as in 4.1	See Table 4	$\Delta C/C$: as in 4.6.3
NOTE 1 Subclause numbers of test and performance requirements refer to Clause 4.				
NOTE 2 In this table: D = destructive, ND = non-destructive.				
^a This test may be carried out on capacitors mounted on a substrate. ^b When different substrate materials are used for the individual subgroup, the detail specification shall indicate which substrate material is used in each subgroup.				

3.5 Quality conformance inspection

3.5.1 Formation of inspection lots

3.5.1.1 Groups A and B inspection

These tests shall be carried out on a lot-by-lot basis.

A manufacturer may aggregate the current production into inspection lots subject to the following safeguards.

- 1) The inspection lot shall consist of structurally similar capacitors (see 3.2).
- 2a) The sample tested shall be representative of the values and the dimensions contained in the inspection lot:
 - in relation to their number;
 - with a minimum of five of any one value.
- 2b) If there are less than five of any one value in the sample the basis for the drawing of samples shall be agreed between the manufacturer and the National Supervising Inspectorate¹.

3.5.1.2 Group C inspection

These tests shall be carried out on a periodic basis.

Samples shall be representative of the current production of the specified periods and shall be divided into small, medium and large sizes. In order to cover the range of approvals in any period, one voltage shall be tested from each group of sizes. In subsequent periods, other sizes and/or voltage ratings in production shall be tested with the aim of covering the whole range.

3.5.2 Test schedule

The schedule for the lot-by-lot and periodic tests for quality conformance inspection is given in Clause 2, Table 4 of the blank detail specification.

3.5.3 Delayed delivery

When, according to the procedures of IEC 60384-1, Clause Q.10, re-inspection has to be made, solderability and capacitance shall be checked as specified in Groups A and B inspection.

3.5.4 Assessment levels

The assessment level(s) given in the blank detail specification shall preferably be selected from Tables 6a and 6b.

¹ The term Certification Body (CB) replaces the term National Supervising Inspectorate (NSI), see IECQ 01.

Table 6a – Lot-by-lot inspection

Inspection subgroup ^d	EZ		
	IL ^a	<i>n</i> ^a	<i>c</i> ^a
A0	100 % ^b		
A1	S-4	<i>c</i>	0
A2	S-3	<i>c</i>	0
B1	S-3	<i>c</i>	0
B2	S-2	<i>c</i>	0
<p>a IL = inspection level <i>n</i> = sample size <i>c</i> = permissible number of non-conforming items</p> <p>b After removal of nonconforming items by 100 % testing during the manufacturing process, sampling inspection shall be performed in order to monitor outgoing quality level by nonconforming items per million ($\times 10^{-6}$). The sampling level shall be established by the manufacturer, preferably according to IEC 61193-2, Annex A. In case one or more nonconforming items occur in a sample, this lot shall be rejected, but the whole sample shall be inspected and all nonconforming items shall be counted for the calculation of quality level values. Outgoing quality level by nonconforming items per million ($\times 10^{-6}$) values shall be calculated by accumulating inspection data according to the method given in IEC 61193-2, 6.2.</p> <p>c Number to be tested: Sample size shall be determined according to IEC 61193-2, 4.3.2.</p> <p>d The content of the inspection subgroup is described in Clause 2 of the relevant blank detail specification.</p>			

Table 6b – Periodic test

Inspection subgroup ^c	EZ		
	<i>p</i> ^a	<i>n</i> ^a	<i>c</i> ^a
C1	3	12	0
C2	3	12 ^b	0
C3.1	6	27	0
C3.2	6	15	0
C3.3	3	15	0
C3.4	6	15 ^b	0
C4	6	9	0
<p>a <i>p</i> = periodicity in months <i>n</i> = sample size <i>c</i> = permissible number of non-conforming items</p> <p>b Additional capacitors if Subgroup C3.4 is tested.</p> <p>c The content of the inspection subgroup is described in Clause 2 of the relevant blank detail specification.</p>			

4 Test and measurement procedures

This clause supplements the information given in IEC 60384-1, Clause 4.

4.1 Special preconditioning

Unless otherwise specified in the detail specification, the special preconditioning, when specified in this sectional specification before a test or a sequence of test, shall be carried out under the following conditions.

Exposure at upper category temperature or at such higher temperature as may be specified in the detail specification during 1 h, followed by recovery during (24 ± 1) h under standard atmospheric condition for testing.

NOTE Capacitors lose capacitance continuously with time according to a logarithmic law (this is called ageing). However, if the capacitor is heated to a temperature above the Curie point of its dielectric, then “de-ageing” takes place, i.e. the capacitance lost through “ageing” is regained, and “ageing” recommences from the time when the capacitor recools. The purpose of special preconditioning is to bring the capacitor to a defined state regardless of its previous history. (See Clause B.4 for further information).

4.2 Measuring conditions

See IEC 60384-1, 4.2.1.

4.3 Mounting

See IEC 60384-1, 4.33.

4.4 Visual examination and check of dimensions

See IEC 60384-1, 4.4, with the following details.

4.4.1 Visual examination

A visual examination shall be carried out with suitable equipment with approximately 10× magnification and lighting appropriate to the specimen under test and the quality level required.

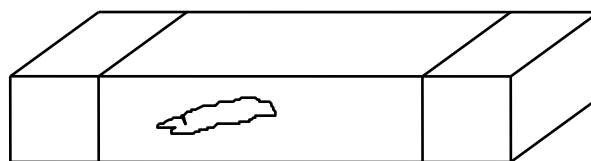
NOTE The operator should have available facilities for incident or transmitted illumination as well as an appropriate measuring facility.

4.4.2 Requirements

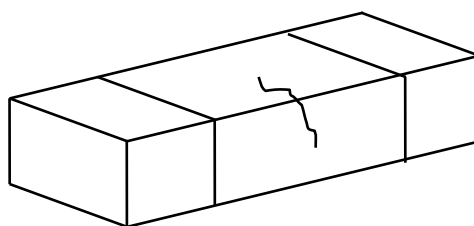
Quantitative values for the requirements below may be given in the detail or in the manufacturer’s specification.

4.4.2.1 Requirements for the ceramic

- a) Be free of cracks or fissures, except small damages on the surface, which do not deteriorate the performance of the capacitor. (Examples: see Figures 1 and 2).



IEC 2569/11

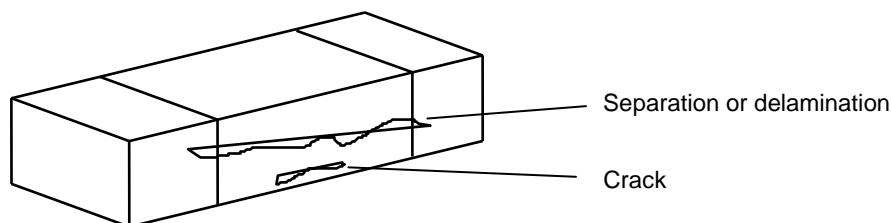
Figure 1 – Fault: crack or fissure

IEC 2570/11

NOTE Crack or fissure on one side or extending from one face to another over a corner.

Figure 2 – Fault: crack or fissure

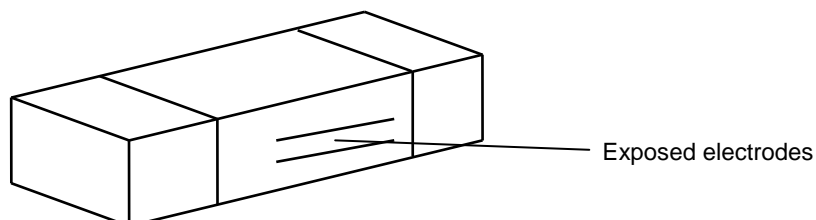
- b) Not exhibit visible separation or delamination between the layers of the capacitor (see Figure 3).



IEC 2571/11

Figure 3 – Separation or delamination

- c) Not exhibit exposed electrodes between the two terminations (see Figure 4).



IEC 2572/11

Figure 4 – Exposed electrodes

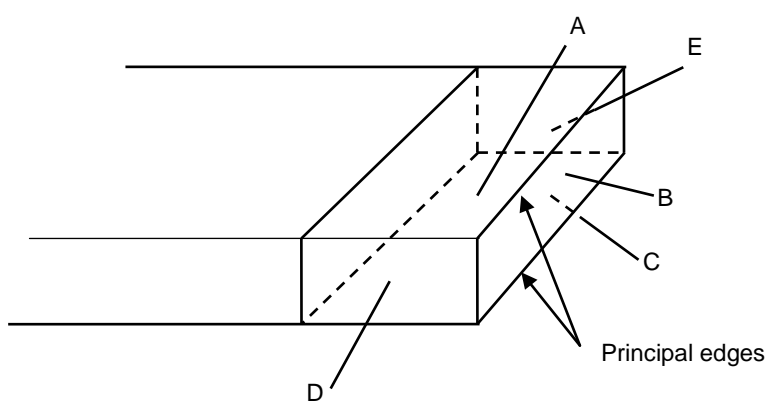
- d) The ceramic body shall be free of any conducting smears (metallization, tinning,...) on a central zone between two adjacent terminations which is equal to the minimum distance between those (Annex A, dimension L_4).

4.4.2.2 Requirements for the metallization

- a) Not exhibit any visible detachment of the metallized terminations and not exhibit any exposed electrodes (see Figure 4).
- b) The principal faces (see Figure 5) are those noted A, B and C.

In the case of capacitors of square section, the faces D and E are also considered principal.

The maximum area of gaps in metallization on each principal face shall not be greater than 15 % of the area of that face; these gaps shall not be concentrated in the same area. The gaps in metallization shall not affect the two principal edges of each extremity of the block (or four edges for square section capacitors). Dissolution of the end face plating (leaching) shall not exceed 25 % of the length of the edge concerned.



IEC 2573/11

Figure 5 – Principal faces

4.5 Electrical tests

4.5.1 Capacitance

See IEC 60384-1, 4.7, with the following details.

4.5.1.1 Measuring conditions

See Table 7, unless otherwise specified in the detail specification.

Table 7 – Measuring conditions

Nominal capacitance	Rated voltage U_R	Frequency	Measuring voltage V r.m.s.	Referee voltage V r.m.s.
$C_N < 100 \text{ pF}$	^a	1 MHz	$1,0 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,02$
$100 \text{ pF} \leq C_N \leq 10 \text{ } \mu\text{F}$	$U_R > 6,3 \text{ V}$	1 kHz	$1,0 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,02$
	$U_R \leq 6,3 \text{ V}$	1 kHz	$0,5 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,02$
$C_N > 10 \text{ } \mu\text{F}$	^a	100 Hz or 120 Hz	$0,5 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,02$

^a All rated voltages (U_R).

4.5.1.2 Requirements

The capacitance value, as measured in the unmounted state, shall correspond with the rated value taking into account the specified tolerance.

The capacitance as measured in the mounted state according to Group 3 is for reference purposes only in further tests.

For referee measurements, the capacitance value shall be the value extrapolated to an ageing time of 1 000 h, unless otherwise specified in the detail specification (see Annex B for explanation). If applying the ageing time other than 1 000 h, that may be specified in the detail specification.

4.5.2 Tangent of loss angle ($\tan \delta$)

See IEC 60384-1, 4.8, with the following details.

4.5.2.1 Measuring conditions

The measuring conditions are the same as 4.5.1. The inaccuracy of the measuring instruments shall not exceed 1×10^{-3} .

4.5.2.2 Requirements

The tangent of loss angle, as measured in the unmounted state, shall not exceed the limit given in Table 8.

Table 8 – Tangent of loss angle limits

Rated voltage U_R	Subclass	Tangent of loss angle %
$U_R \geq 10 \text{ V}$	All subclass codes	Not exceed 0,035 or value as may be given in the detail specification
$U_R < 10 \text{ V}$	2B, 2C, 2R	0,1
	2D, 2E	0,15
	2F	0,2
NOTE See 2.2.5 for an explanation of the subclass codes.		

The tangent of loss angle as measured in the mounted state according to Group 3 is for reference purpose only in further tests.

4.5.3 Insulation resistance

See IEC 60384-1, 4.5, with the following details.

4.5.3.1 Preparation for test

Prior to the test, capacitors shall be carefully cleaned to remove any contamination.

Care shall be taken to maintain cleanliness in the test chambers and during post test measurements. Before the measurement, the capacitors shall be fully discharged. The insulation resistance shall be measured between the terminations.

4.5.3.2 Measuring conditions

See IEC 60384-1, 4.5.2, with the following details.

The measuring voltage may be of any value not greater than U_R , the referee voltage being U_R for capacitors with rated voltages below or equal to 1 kV. For $U_R > 1 \text{ kV}$ the referee voltage shall be 1 kV.

The insulation resistance (R_i) shall be measured after the voltage has been applied for (60 ± 5) s.

For lot-by-lot testing (Group A) the test may be terminated in a shorter time, if the required value of insulation resistance is reached.

The product of the internal resistance of the voltage source and the nominal capacitance of the capacitor shall not exceed 1 s, unless otherwise prescribed in the detail specification.

The charge current shall not exceed 0,05 A. For capacitors with rated voltages of 1 kV and above, a lower limit (value) may be given in the detail specification.

4.5.3.3 Requirements

The insulation resistance shall meet the following requirements.

$C_N \leq 25 \text{ nF}$	$R_i \geq 4\,000 \text{ M}\Omega$
$C_N > 25 \text{ nF}$	$R_i \times C_R \geq 100 \text{ s}$

4.5.4 Voltage proof

See IEC 60384-1, 4.6, with the following details.

4.5.4.1 Test conditions

The product of R_1 and the nominal capacitance C_x shall be smaller than or equal to 1 s.

NOTE R_1 is a charging resistor, includes the internal resistance of the voltage source. See IEC 60384-1, 4.6.1.

The charge current shall not exceed 0,05 A.

For capacitors with rated voltages of 1 kV and above, a lower charge current limit value may be given in the detail specification. To protect the capacitors against flashover the test may be performed in a suitable insulating medium.

4.5.4.2 Test voltages

The test voltages according to Table 9 shall be applied between the measuring points of 4.5.3 and Table 3 in IEC 60384-1, for a period of 1 min for qualification approval testing and for a period of 1 s for the lot-by-lot quality conformance testing.

Table 9 – Test voltages

Rated voltage V	Test voltage V
$U_R \leq 100$	$2,5 U_R$
$100 < U_R \leq 200$	$1,5 U_R + 100$
$200 < U_R \leq 500$	$1,3 U_R + 100$
$500 < U_R < 1\,000$	$1,3 U_R$
$U_R \geq 1\,000$	$1,2 U_R$

4.5.4.3 Requirement

There shall be no breakdown or flashover during the test.

4.5.5 Impedance (if required by the detail specification)

See IEC 60384-1, 4.10, with the following details.

4.5.5.1 Measuring conditions

The frequency of measurement: $100 \text{ kHz} \pm 10 \%$.

4.5.5.2 Requirements

Impedance shall be specified in the detail specification.

4.5.6 Equivalent series resistance [ESR] (if required by the detail specification)

See IEC 60384-1, 4.8.2, with the following details.

4.5.6.1 Measuring conditions

The frequency of measurement: $100 \text{ kHz} \pm 10 \%$.

4.5.6.2 Requirements

The ESR shall be specified in the detail specification.

4.6 Temperature characteristic of capacitance

4.6.1 Special preconditioning

See 4.1.

4.6.2 Measuring conditions

See IEC 60384-1, 4.24.1, with the following details.

The capacitors shall be measured in the unmounted state as well as the conditions of Table 10.

Table 10 – Details of measuring conditions

Measuring step	Temperature °C	DC voltage applied
1	20 ± 2	–
2	$T_A^a \pm 3$	–
3	20 ± 2	–
4	$T_B^b \pm 2$	–
5	$T_B \pm 2$	×
6	20 ± 2	×
7	$T_A \pm 3$	×
8	20 ± 2	–

NOTE 1	"–" indicates: no d.c. voltage applied "x" indicates: d.c. voltage applied (if specified in the detail specification)
NOTE 2	Measurements may be made at such intermediate temperatures as to ensure that the requirements of 2.2.5 are met.
NOTE 3	Reference capacitance is the capacitance measured at Step 3.
NOTE 4	Because of the effects described in the Note in 4.1, the capacitance values measured at temperature reference, Steps 5 to 7, with d.c. voltage applied, are time dependent. This time dependency is included in the given limits for capacitance change. The capacitance change between the first and the last measurements at temperature reference, Steps 1 and 8, indicates the amount of ageing involved. In case of a dispute about the results of measurements with d.c. voltage applied, it is advisable to agree upon a fixed time interval between measurements at temperature reference, Steps 5 and 7 with d.c. voltage applied (see IEC 60384-1, 4.24.1.3).
^a	T_A = Lower category temperature.
^b	T_B = Upper category temperature.

4.6.3 Requirements

Temperature characteristic with and without d.c. voltage applied shall not exceed the values given in Table 3. The variation of capacitance shall be calculated according to IEC 60384-1, 4.24.3.1.

4.7 Shear test

See IEC 60384-1, 4.34.

A force shall be selected from 1 N, 2 N, 5 N or 10 N and specified in the detail specification.

4.8 Substrate bending test

See IEC 60384-1, 4.35.

Unless otherwise specified in the detail specification,

- the deflection D shall be selected from 1 mm, 2 mm or 3 mm,
- the number of bends shall be 1 time,
- the radius of the bending tool shall be 5 mm.

NOTE When the deflection D is 2 mm or less, the radius may be 230 mm.

- the duration in the bent state shall be 5 s.

For 1005M or smaller size, the thickness of substrate should be 0,8 mm.

4.8.1 Initial measurement

The capacitance shall be measured as specified in 4.5.1 and in the detail specification.

4.8.2 Final inspection

The capacitors shall be visually examined and there shall be no visible damage.

The change of capacitance with board in bent position shall not exceed 10 %.

4.9 Resistance to soldering heat

See IEC 60068-2-58 with the following details.

4.9.1 Special preconditioning

See 4.1.

4.9.2 Initial measurement

The capacitance shall be measured according to 4.5.1.

4.9.3 Test conditions

4.9.3.1 Solder bath method (applicable to 1608M, 2012M and 3216M)

NOTE See Table A.1 for explanation of the size code.

See IEC 60068-2-58, Clauses 6 and 8, with the following details, if not otherwise specified in the detail specification.

The specimen shall be preheated to a temperature of (110 to 140) °C and maintained for 30 s to 60 s.

Solder alloy: Sn-Pb or Sn-Ag-Cu

Temperature: 260 °C ± 5 °C

Duration of immersion: 10 s ± 1 s

Depth of immersion: 10 mm

Number of immersions: 1

4.9.3.2 Infrared and forced gas convection soldering system

See IEC 60068-2-58, Clauses 7 and 8, with the following details:

- a) the solder paste shall be applied to the test substrate;
- b) the thickness of solder deposit shall be specified in the detail specification;
- c) the terminations of the specimen shall be placed on the solder paste;
- d) solder alloy: Sn-Pb;

unless otherwise specified in the detail specification, the specimen and test substrate shall be preheated to a temperature of (150 ± 10) °C and maintained for 60 s to 120 s in infrared and forced gas convection soldering system;

the temperature of the reflow system shall be quickly raised until the specimen has reached (235 ± 5) °C and maintained at this temperature for (10 ± 1) s. Number of each test: 1, unless otherwise specified in the detail specification;

- e) solder alloy: Sn-Ag-Cu;

unless otherwise specified in the detail specification, reflow temperature profile shall be selected from Table 11 and Figure 6;

Table 11 – Reflow temperature profiles for Sn-Ag-Cu alloy

Alloy composition		T_1 °C	T_2 °C	t_1 s	T_3 °C	t_2 s	T_4 °C	t_3 s
Lead-free solder (Sn-Ag-Cu)	Test 1	150 ± 5	180 ± 5	120 ± 5	220	60 to 90	250	20 to 40 at $T_4 - 5$ K
	Test 2	150 ± 5	180 ± 5	120 ± 5	220	≤ 60	255	≤ 20 at $T_4 - 10$ K

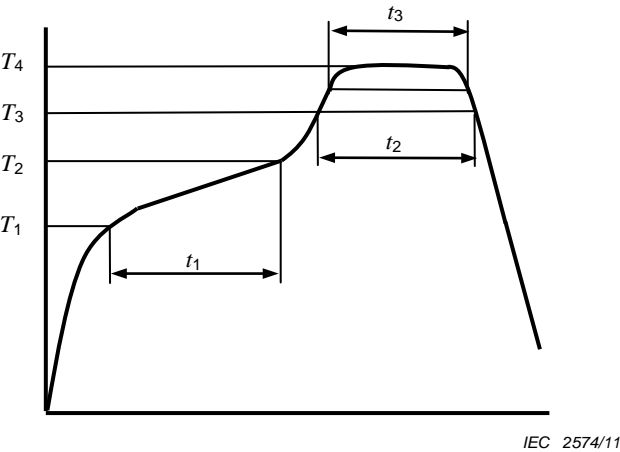


Figure 6 – Reflow temperature profile

- f) number of each test: 1, unless otherwise specified in the detail specification;
- g) the temperature profile of d) or e) shall be specified in the detail specification.

4.9.4 Recovery

The capacitors shall recover for $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$.

The flux residues shall be removed with a suitable solvent.

4.9.5 Final inspection, measurements and requirements

After recovery, the capacitors shall be visually examined and measured and shall meet the following requirements:

Under normal lighting and approximately 10× magnification, there shall be no signs of damage such as cracks.

Dissolution of the end face plating (leaching) shall not exceed 25 % of the length of the edge concerned. The detail specification may prescribe further details.

The capacitance shall be measured according to 4.5.1 and the change shall not exceed the values in Table 12.

Table 12 – Maximum capacitance change

Subclass	Requirements
2B and 2C	$\pm 10\%$
2D and 2R	$\pm 15\%$
2E and 2F	$\pm 20\%$
NOTE See 2.2.5 for an explanation of the subclass codes.	

4.10 Solderability

See IEC 60068-2-58 with the following details.

4.10.1 Test conditions

See IEC 60068-2-58, with the following details.

4.10.1.1 Solder bath method (applicable to 1608M, 2012M and 3216M)

NOTE See Table A.1 for explanation of the size code.

See IEC 60068-2-58, Clauses 6 and 8, with the following details, if not otherwise specified in the detail specification.

The specimen shall be preheated to a temperature of (80 to 140) °C and maintained for 30 s to 60 s.

Solder alloy:	Sn-Pb	Sn-Ag-Cu
Temperature:	(235 ± 5) °C	(245 ± 5) °C
Duration of immersion:	(2 ± 0,2) s	(3 ± 0,3) s
Depth of immersion:	10 mm	10 mm
Number of immersions:	1	1

4.10.1.2 Infrared and forced gas convection soldering system

See IEC 60068-2-58, Clauses 7 and 8, with the following details:

- the solder paste shall be applied to the test substrate;
- the thickness of solder deposit shall be specified in the detail specification;
- the terminations of the specimen shall be placed on solder paste;
- solder alloy: Sn-Pb;

unless otherwise specified in the detail specification, the specimen and test substrate shall be preheated to a temperature of (150 ± 10) °C and maintained for 60 s to 120 s in the infrared and forced gas convection soldering system;

the temperature of reflow system shall be quickly raised until the specimen has reached (215 ± 3) °C and maintained at this temperature for (10 ± 1) s;

- solder alloy: Sn-Ag-Cu;

unless otherwise specified in the detail specification, the specimen and test substrate shall be preheated to a temperature of (150 ± 5) °C to (180 ± 5) °C for 60 s to 120 s in the infrared and forced gas convection soldering system;

the temperature of reflow system shall be quickly raised until the specimen has reached $(235 \pm 3) ^\circ\text{C}$. The time above $225 ^\circ\text{C}$ shall be (20 ± 5) s;

f) the temperature profile of d) or e) shall be specified in the detail specification.

4.10.2 Recovery

The flux residues shall be removed with a suitable solvent.

4.10.3 Final inspection, measurements and requirements

The capacitors shall be visually examined under normal lighting and approximately 10× magnification. There shall be no signs of damage.

Both end faces and the contact areas shall be covered with a smooth and bright solder coating with no more than a small amount of scattered imperfections such as pinholes or unwetted or de-wetted areas. These imperfections shall not be concentrated in one area.

The detail specification may prescribe further requirements.

4.11 Rapid change of temperature

This test shall be applied only to capacitors for which the category temperature is greater $110 ^\circ\text{C}$.

See IEC 60384-1, 4.16, with the following details.

The capacitors shall be mounted according to 4.3.

4.11.1 Special preconditioning

See 4.1.

4.11.2 Initial measurement

The capacitance shall be measured according to 4.5.1.

4.11.3 Number of cycles

The number of cycles: 5

Duration of exposure at the temperature limits: 30 min.

4.11.4 Recovery

The capacitors shall recover for $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$.

4.11.5 Final inspection, measurements and requirements

The capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

The capacitance shall be measured according to 4.5.1 and the change shall not exceed the values in Table 13.

Table 13 – Maximum capacitance change

Subclass	Requirements
2B and 2C	±10 %
2D and 2R	±15 %
2E and 2F	±20 %
NOTE See 2.2.5 for an explanation of the subclass codes.	

4.12 Climatic sequence

See IEC 60384-1, 4.21, with the following details.

4.12.1 Special preconditioning

See 4.1.

4.12.2 Initial measurement

The capacitance shall be measured according to 4.5.1.

4.12.3 Dry heat

See IEC 60384-1, 4.21.2.

4.12.4 Damp heat, cyclic, Test Db, first cycle

See IEC 60384-1, 4.21.3.

4.12.5 Cold

See IEC 60384-1, 4.21.4, with the following details.

4.12.5.1 Final inspection and requirements

The capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

4.12.6 Damp heat, cyclic, Test Db, remaining cycles

See IEC 60384-1, 4.21.6, with the following details.

4.12.6.1 Conditions of test

No voltage applied.

The remaining cycles shall be tested according to Table 14.

Table 14 – Number of damp heat cycles

Category	No. of cycles of 24 h
- / - /56	5
- / - /21	1
- / - /10	1
- / - /04	0

4.12.6.2 Recovery

The capacitors shall recover for $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$.

4.12.7 Final inspection, measurements and requirements

The capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

The capacitors shall be measured and shall meet the following requirements.

If the capacitance value is less than the minimum value permitted, then after the other measurements have been made the capacitor shall be preconditioned according to 4.1 and then the requirement in Table 15 shall be met.

Table 15 – Final inspection, measurements and requirements

Measurement	Measuring conditions	Requirements			
		Subclasses 2B and 2C	Subclasses 2D and 2R	Subclasses 2E	Subclasses 2F
Capacitance	4.5.1	$\Delta C/C \leq \pm 10 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 30 \%$
Tangent of loss angle	4.5.2	$\leq 2 \times$ value of 4.5.2			
Insulation resistance	4.5.3	$R_i \geq 1\,000\text{ M}\Omega$ or $R_i \times C_N \geq 25\text{ s}$ (whichever is less of the two values)			
NOTE See 2.2.5 for an explanation of the subclass codes.					

4.13 Damp heat, steady state

See IEC 60384-1, 4.22, with the following details.

The capacitors shall be mounted according to 4.3.

4.13.1 Special preconditioning

See 4.1.

4.13.2 Initial measurement

The capacitance shall be measured according to 4.5.1.

4.13.3 Conditions of test

No voltage shall be applied, unless otherwise specified in the detail specification.

The severities of test should be selected from the test conditions as shown in Table 16 and specified in the detail specification.

The duration time should be selected in accordance with 2.1.1 and shall be specified in the detail specification.

Table 16 – Test conditions for damp heat, steady state

Severities	Temperature °C	Relative humidity %
1	+85 ± 2	85 ± 3
2	+60 ± 2	93 ± 3
3	+40 ± 2	93 ± 3

When the application of voltage is prescribed, U_R shall be applied to one half of the lot and no voltage shall be applied to the other half of the lot.

Within 15 min after removal from the damp heat test, the voltage proof test according to 4.5.4 shall be carried out, but with the rated voltage applied.

NOTE Due to safety reasons, different conditions for the application of voltage to capacitors with rated voltages of 1 kV and above may be given in the detail specification.

4.13.4 Recovery

The capacitors shall recover for $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$.

4.13.5 Final inspection, measurements and requirements

The capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

The capacitors shall be measured and shall meet the following requirements.

If the capacitance value is less than the minimum value permitted, then after the other measurements have been made, the capacitors shall be preconditioned according to 4.1 and then the requirement in Table 17 shall be met.

Table 17 – Final inspection, measurements and requirements

Measurement	Measuring conditions	Requirements			
		Subclasses 2B and 2C	Subclasses 2D and 2R	Subclasses 2E	Subclasses 2F
Capacitance	4.5.1	$\Delta C/C \leq \pm 10 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 30 \%$
Tangent of loss angle	4.5.2	$\leq 2 \times$ value of 4.5.2			
Insulation resistance	4.5.3	$R_i \geq 1\,000\text{ M}\Omega$ or $R_i \times C_N \geq 25\text{ s}$ (whichever is less of the two values)			
NOTE See 2.2.5 for an explanation of the subclass codes.					

4.14 Endurance

See IEC 60384-1, 4.23, with the following details.

The capacitors shall be mounted according to 4.3.

4.14.1 Special preconditioning

See 4.1.

4.14.2 Initial measurement

The capacitance shall be measured according to 4.5.1.

4.14.3 Conditions of test

The capacitors shall be tested as follows.

If the category voltage is equal to the rated voltage, the capacitors shall be tested as in Table 18.

Table 18 – Endurance test conditions ($U_C = U_R$)

$\frac{U_R}{V}$	$U_R \leq 200$	$200 < U_R \leq 500$	$U_R > 500$
Temperature	Upper Category Temperature		
Voltage (d.c.)	1,5 U_R	1,3 U_R	1,2 U_R
Duration	1 000 h	1 500 h	2 000 h

If the category voltage is not equal to the rated voltage, the capacitors shall be tested as in Table 19.

Table 19 – Endurance test conditions ($U_C \neq U_R$)

U_R	$U_R \leq 200$		$200 < U_R \leq 500$		$U_R > 500$	
Temperature	T_R	T_B	T_R	T_B	T_R	T_B
Voltage (d.c.)	1,5 U_R	1,5 U_C	1,3 U_R	1,3 U_C	1,2 U_R	1,2 U_C
Duration	1 000 h		1 500 h		2 000 h	
Sample	Divided into two parts		Divided into two parts		Divided into two parts	
T_R = Rated temperature.						
T_B = Upper category temperatures >85 °C, such as 100 °C.						

4.14.4 Recovery

The capacitors shall recover for 24 h \pm 2 h.

4.14.5 Final inspection, measurements and requirements

The capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

The capacitors shall be measured and shall meet the following requirements.

If the capacitance value is less than the minimum value permitted, then after the other measurements have been made the capacitor shall be preconditioned according to 4.1 and then the requirement in Table 20 shall be met.

Table 20 – Final inspection, measurements and requirements of endurance test

Measurement	Measuring conditions	Requirements			
		Subclasses 2B and 2C	Subclasses 2D and 2R	Subclasses 2E	Subclasses 2F
Capacitance	4.5.1	$\Delta C/C \leq \pm 10 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 30 \%$
Tangent of loss angle	4.5.2	$\leq 2 \times$ value of 4.5.2			
Insulation resistance	4.5.3	$R_i \geq 2\,000\text{ M}\Omega$ or $R_i \times C_N \geq 50\text{ s}$ (whichever is less of the two values)			
NOTE See 2.2.5 for an explanation of the subclass codes.					

4.15 Robustness of terminations (only for capacitors with strip termination)

See IEC 60384-1, 4.13, with the following details.

4.15.1 Test conditions

Unless otherwise specified in the detail specification, the conditions of the tests are as follows:

- Test U_{a1} : force: 2,5 N;
- Test U_b , Method 1: force: 2,5 N;
- number of bends: 1.

4.15.2 Final inspection and requirements

The capacitors shall be visually examined. There shall be no visible damage.

4.16 Component solvent resistance (if required)

See IEC 60384-1, 4.31.

4.17 Solvent resistance of the marking (if required)

See IEC 60384-1, 4.32.

4.18 Accelerated damp heat, steady state (if required)

See IEC 60384-1, 4.37, with the following details.

The capacitors shall be mounted according to 4.3.

Half of the capacitors shall be connected in series with resistors of $100\text{ k}\Omega \pm 10 \%$ and half in series with resistors of $6,8\text{ k}\Omega \pm 10 \%$.

4.18.1 Initial measurement

The capacitors shall be measured for insulation resistance with a voltage of $1,5\text{ V} \pm 0,1\text{ V}$ applied across the capacitor and resistor in series.

The insulation resistance, including the series resistor, shall meet the requirements given in Table 21.

Table 21 – Initial requirements

Measurement	Measuring conditions	Requirements	
Insulation resistance	$(1,5 \pm 0,1) \text{ V}$	Connected to 100 k Ω resistors	$C_N \leq 25 \text{ nF}$: $R_i \geq 4\,000 \text{ M}\Omega$ or $C_N > 25 \text{ nF}$: $(R_i - 100 \text{ k}\Omega) \times C_R \geq 100 \text{ s}$
		Connected to 6,8 k Ω resistors	$C_N \leq 25 \text{ nF}$: $R_i \geq 4\,000 \text{ M}\Omega$ $C_N > 25 \text{ nF}$: $(R_i - 6,8 \text{ k}\Omega) \times C_R \geq 100 \text{ s}$

4.18.2 Conditioning

The capacitors with associated resistors shall be subjected to conditioning at $(85 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(85 \pm 3) \%$ relative humidity for the test duration given in Table 22. Those capacitors connected to 100 k Ω resistors and those connected to 6,8 k Ω resistors shall be applied to voltage given in Table 22. In both cases, the voltage shall be applied across the capacitor/resistor combination.

Care shall be taken to avoid condensation of water on the capacitors or substrates. This may happen if the door is opened during the test before the humidity is lowered.

Table 22 – Conditioning

Connected resistors k Ω	Applied voltage	Duration
100	$(1,5 \pm 0,1) \text{ V}$ or the voltage specified in the detail specification	168 h, 500 h or 1 000 h; as given by the detail specification
6,8	$(50 \pm 0,1) \text{ V}$ or U_R , whichever is the lower, applied, or the voltage specified in the detail specification	

4.18.3 Recovery

The applied voltage shall be disconnected and the capacitors and resistors shall be removed from the test chamber and allowed to recover for respectively 22 h to 26 h in standard atmospheric conditions for testing.

4.18.4 Final measurements

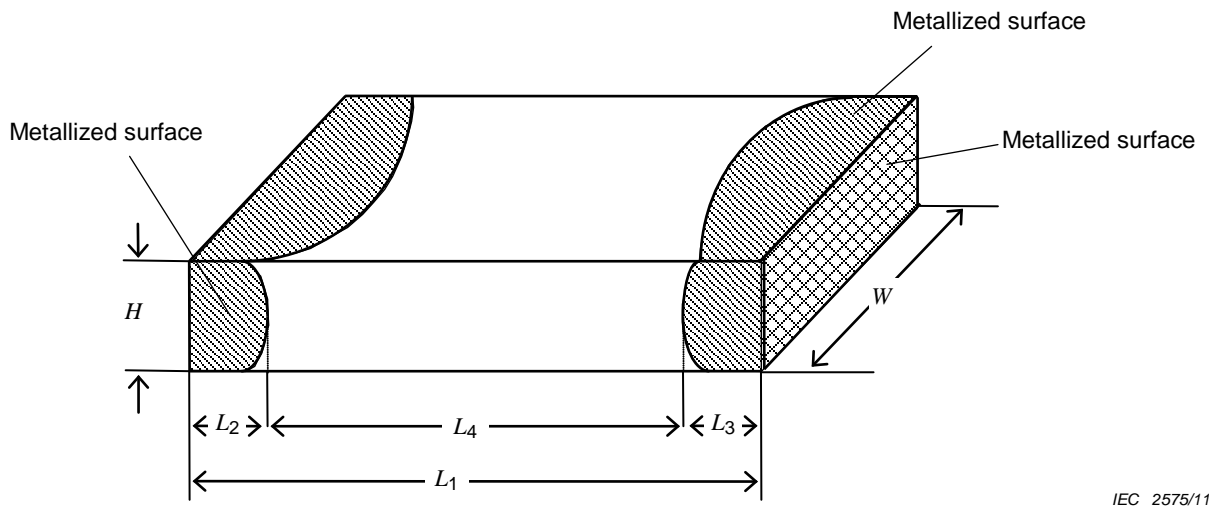
The capacitors shall be measured for insulation resistance, as in 4.18.1.

The insulation resistance, including the series resistor, shall be greater than 0,1 times the values given in 4.18.1.

Annex A
(normative)

**Guidance for the specification and coding of dimensions of fixed
surface mount multilayer capacitors of ceramic dielectric, Class 2**

The principles given in Figure A.1 should be considered in dimensioning of surface mount capacitors. The values are given in Table A.1.



Dimension W should not exceed dimension L_1 .

Dimension H should not exceed dimension W .

If necessary, the thickness of tinning should be specified.

Figure A.1 – Dimensions

Table A.1 – Dimensions

Code	Length (L_1)	Width (W)	L_2 ; L_3 Minimum	L_4 Minimum
0402M	$0,4 \pm 0,02$	$0,2 \pm 0,02$	0,05	0,1
0603M	$0,6 \pm 0,03$	$0,3 \pm 0,03$	0,1	0,2
1005M	$1,0 \pm 0,05$	$0,5 \pm 0,05$	0,1	0,3
1608M	$1,6 \pm 0,1$	$0,8 \pm 0,1$	0,2	0,5
2012M	$2,0 \pm 0,1$	$1,25 \pm 0,1$	0,2	0,7
3216M	$3,2 \pm 0,2$	$1,6 \pm 0,15$	0,3	1,4
3225M	$3,2 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,2$	0,3	1,4
4532M	$4,5 \pm 0,3$	$3,2 \pm 0,2$	0,3	2,0
5750M	$5,7 \pm 0,4$	$5,0 \pm 0,4$	0,3	2,5
NOTE Dimensions in millimetres.				

Other case sizes and dimensions may be specified in the detail specification.

Annex B (informative)

Capacitance ageing of fixed capacitors of ceramic dielectric, Class 2

B.1 General

Most Class 2 dielectrics, used for ceramic capacitors have ferroelectric properties, and exhibit a Curie temperature.

Above this temperature the dielectric has the highly symmetric cubic crystal structure whereas below the Curie temperature the crystal structure is less symmetrical. Although in single crystals this phase transition is very sharp, in practical ceramics, it is often spread over a finite temperature range, but in all cases it is linked with a peak in the capacitance/temperature curve.

Under the influence of thermal vibration, the ions in the crystal lattice continue to move to positions of lower potential energy for a long time after the dielectric has cooled through the Curie temperature. This gives rise to the phenomenon of capacitance ageing, whereby the capacitor continually decreases its capacitance.

However, if the capacitor is heated to a temperature above the Curie temperature, then de-ageing takes place; i.e. the capacitance lost through ageing is regained, and ageing recommences from the time when the capacitor recools.

B.2 Law of capacitance ageing

During the first hour after cooling through the Curie temperature, the loss of capacitance is not well defined, but after this time it follows a logarithmic law (see K.W. Plessner, Proc. Phys. Soc., vol. 69B, P1261, 1956) which can be expressed in terms of an ageing constant.

The ageing constant k is defined as the percentage loss of capacitance due to the ageing process of the dielectric which occurs during a “decade”, i.e. a time in which the capacitor increases its age tenfold for example from 1 h to 10 h.

As the law of decrease of capacitance is logarithmic, the percentage loss of capacitance will be $2 \times k$ between 1 h and 100 h age and $3 \times k$ between 1 h and 1 000 h. This may be expressed mathematically by the following equation:

$$C_t = C_1 \left(1 - \frac{k}{100} \times \lg t \right)$$

where

C_t is the capacitance t h after the start of the ageing process;

C_1 is the capacitance 1 h after the start of the ageing process;

k is the ageing constant in percent per decade (as defined above);

t is the time in h from the start of the ageing process.

The ageing constant may be declared by the manufacturer for a particular ceramic dielectric, or it may be defined by de-ageing the capacitor and measuring the capacitance at two known times thereafter.

k is then given by the following equation:

$$k = \frac{100 \times (C_{t_1} - C_{t_2})}{C_{t_1} \times \lg t_2 - C_{t_2} \times \lg t_1}$$

If capacitance measurements are made three or more times, then it is possible to derive k from the slope of a graph where C_t is plotted against $\lg t$.

It is also possible to plot $\log C$ against $\lg t$.

During measurements of ageing, the capacitor should be maintained at a constant temperature so that capacitance variations due to the temperature characteristic do not mask those due to ageing.

B.3 Capacitance measurements and capacitance tolerance

Because of ageing, it is necessary to specify a reference age at which the capacitance shall be within the prescribed tolerance. This is fixed at 1 000 h, since for practical purposes there is not much further loss of capacitance after this time.

In order to calculate the capacitance $C_{1\,000}$ after 1 000 h, the ageing constant shall be known or determined as in Clause B.2, when the following formula may be used:

$$C_{1\,000} = C_t \left[1 - \frac{k}{100} (3 - \lg t) \right]$$

For factory measurements, the loss of capacitance from the age at the time of measurement to 1 000 h age will be known and can be off-set by using asymmetric inspection tolerances.

For example, if it is known that the capacitance loss will be 5 %, then the capacitors may be inspected to limits of +25/–15 % instead of 20 %.

Capacitance is normally declared at 20 °C, and it may be necessary to measure at this temperature or correct the results to this temperature. Errors can also arise from heat from the hands, and capacitors should therefore always be handled with tweezers.

B.4 Special preconditioning (see 4.1)

In many of the tests in this standard, it is required to measure the capacitance change which results from a given conditioning (for example climatic sequence). In order to avoid the interfering effect of ageing, the capacitor is specially preconditioned before these tests by maintaining it for 1 h at the upper category temperature followed by 24 h at standard atmospheric conditions for testing.

For those capacitors with a Curie temperature below the upper category temperature, this results in de-ageing and the conditioning is also arranged, if possible, to bring the capacitors to an age of 24 h, so that capacitance changes due to ageing are minimized.

If the Curie temperature of the dielectric is above the upper category temperature then the special preconditioning will not completely de-age the capacitor, but it will nevertheless bring it into a state where its capacitance is not so dependent on its previous history, and the same effect will be achieved, though completely de-aged. In order to de-age such capacitors completely, temperature up to 160 °C may be required, and this temperature could be deleterious to the encapsulation. Therefore, in the few cases where complete de-ageing of such capacitors may be required, the detail specification shall be consulted for details and any necessary precautions.

Annex C (informative)

Temperature characteristics of capacitance for the reference temperature of 25 °C

The temperature characteristics of capacitance for the reference temperature of 25 °C have often been used due to marketing needs and because of their actual performance. These temperature characteristics and codes are shown in Table C.1 and the exact conditions of temperature characteristics of capacitance are shown in Table C.2.

**Table C.1 – Temperature characteristics of capacitance
for the reference temperature of 25 °C**

Code of temperature characteristics of capacitance	Maximum capacitance change %	Temperature range °C
X5R	± 15	–55 to +85
X7R	± 15	–55 to +125
X8R	± 15	–55 to +150
X6S	± 22	–55 to +105
X7S	± 22	–55 to +125
Y5V	–82 to +22	–30 to +85

**Table C.2 – Measuring conditions of temperature characteristic
of capacitance for the reference temperature of 25 °C**

Measuring step	Temperature °C
1	25 ± 2
2	$T_A^a \pm 3$
3	25 ± 2
4	$T_B^b \pm 2$
5	25 ± 2
NOTE 1 Measurements may be made at such intermediate temperatures as to ensure that the requirements of Table C.1 are met.	
NOTE 2 Reference capacitance is the capacitance measured at Step 3.	
^a T_A = Lower category temperature.	
^b T_B = Upper category temperature.	

Bibliography

IEC 60384-14, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 14: Sectional specification: Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains*

IEC 60384-22-1, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 22-1: Blank detail specification: Fixed surface mount multilayer capacitors of ceramic dielectric, Class 2 – Assessment level EZ*

K.W. Plessner: *Ageing of the Dielectric Properties of Barium Titanate Ceramics*, Proceedings of the Physical Society, Section B, Volume 69, Issue 12, pp. 1261 to 1268 (1956)

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	48
1 Généralités	50
1.1 Domaine d'application	50
1.2 Objet	50
1.3 Références normatives	50
1.4 Informations devant être données dans une spécification particulière	51
1.4.1 Dessin d'encombrement et dimensions	51
1.4.2 Montage	51
1.4.3 Valeurs limites et caractéristiques	51
1.4.4 Marquage	52
1.5 Termes et définitions	52
1.6 Marquage	53
1.6.1 Informations relatives au marquage	53
1.6.2 Marquage effectué sur le corps	53
1.6.3 Exigences relatives au marquage	53
1.6.4 Marquage de l'emballage	53
1.6.5 Marquage supplémentaire	53
2 Valeurs limites et caractéristiques préférentielles	53
2.1 Caractéristiques préférentielles	53
2.1.1 Catégories climatiques préférentielles	54
2.2 Valeurs préférentielles des caractéristiques assignées	54
2.2.1 Température assignée (T_R)	54
2.2.2 Tension assignée (U_R)	54
2.2.3 Tension de catégorie (U_C)	54
2.2.4 Valeurs préférentielles de capacité nominale et valeurs de tolérance associées	55
2.2.5 Caractéristiques de température de capacité	55
2.2.6 Dimensions	56
3 Procédures d'assurance de la qualité	56
3.1 Etape initiale de fabrication	56
3.2 Composants associables	56
3.3 Certificats de conformité des lots livrés	56
3.4 Homologation	56
3.4.1 Homologation sur la base des procédures par échantillonnage fixe	56
3.4.2 Essais	57
3.5 Contrôle de conformité de la qualité	62
3.5.1 Constitution des lots de contrôle	62
3.5.2 Programme d'essais	62
3.5.3 Livraison différée	62
3.5.4 Niveaux d'assurance de la qualité	62
4 Procédures d'essais et de mesures	64
4.1 Préconditionnement particulier	64
4.2 Conditions de mesure	64
4.3 Montage	64
4.4 Examen visuel et contrôle des dimensions	64
4.4.1 Examen visuel	64

4.4.2	Exigences.....	64
4.5	Essais électriques	66
4.5.1	Capacité.....	66
4.5.2	Tangente de l'angle de perte ($\tan \delta$)	67
4.5.3	Résistance d'isolement.....	67
4.5.4	Tenue en tension.....	68
4.5.5	Impédance (si exigée par la spécification particulière)	69
4.5.6	Résistance en série équivalente [RSE] (si exigée par la spécification particulière)	69
4.6	Caractéristiques de température de capacité.....	69
4.6.1	Préconditionnement particulier	69
4.6.2	Conditions de mesure.....	69
4.6.3	Exigences.....	70
4.7	Essai de cisaillement.....	70
4.8	Essai de courbure du substrat	70
4.8.1	Mesures initiales	70
4.8.2	Contrôle final.....	70
4.9	Résistance à la chaleur de brasage.....	71
4.9.1	Préconditionnement particulier	71
4.9.2	Mesures initiales	71
4.9.3	Conditions d'essais.....	71
4.9.4	Reprise.....	72
4.9.5	Contrôle final, mesures et exigences	72
4.10	Brasabilité	73
4.10.1	Conditions d'essais.....	73
4.10.2	Reprise.....	74
4.10.3	Contrôle final, mesures et exigences	74
4.11	Variations rapides de température.....	74
4.11.1	Préconditionnement particulier	74
4.11.2	Mesures initiales	74
4.11.3	Nombre de cycles.....	74
4.11.4	Reprise.....	74
4.11.5	Contrôle final, mesures et exigences	74
4.12	Séquence climatique	75
4.12.1	Préconditionnement particulier	75
4.12.2	Mesures initiales	75
4.12.3	Chaleur sèche	75
4.12.4	Chaleur humide, cyclique, Essai Db, premier cycle.....	75
4.12.5	Froid.....	75
4.12.6	Chaleur humide, cyclique, Essai Db, cycles restants	75
4.12.7	Contrôle final, mesures et exigences	76
4.13	Chaleur humide, essai continu.....	76
4.13.1	Préconditionnement particulier	76
4.13.2	Mesures initiales	76
4.13.3	Conditions d'essai	76
4.13.4	Reprise.....	77
4.13.5	Contrôle final, mesures et exigences	77
4.14	Endurance.....	77
4.14.1	Préconditionnement particulier	77

4.14.2 Mesures initiales	78
4.14.3 Conditions d'essai	78
4.14.4 Reprise.....	78
4.14.5 Contrôle final, mesures et exigences	78
4.15 Robustesse des sorties (uniquement pour les condensateurs munis de sortie à lamelle)	79
4.15.1 Conditions d'essais.....	79
4.15.2 Contrôle final et exigences	79
4.16 Résistance du composant au solvant (si exigée)	79
4.17 Résistance au solvant du marquage (si exigée).....	79
4.18 Chaleur humide, essai accéléré, continu (si exigé)	79
4.18.1 Mesures initiales	79
4.18.2 Conditionnement	80
4.18.3 Reprise.....	80
4.18.4 Mesures finales	80
Annexe A (normative) Lignes directrices pour la spécification et le code des dimensions des condensateurs multicouches fixes à diélectriques en céramique pour montage en surface, Classe 2.....	81
Annexe B (informative) Vieillissement en capacité des condensateurs fixes à diélectrique en céramique, Classe 2	82
Annexe C (informative) Caractéristiques de température de capacité pour la température de référence de 25 °C	85
Bibliographie.....	86
Figure 1 – Défaut: craquelure ou fissure	65
Figure 2 – Défaut: craquelure ou fissure	65
Figure 3 – Séparation ou décollement interlaminaire.....	65
Figure 4 – Electrodes exposées.....	65
Figure 5 – Faces principales	66
Figure 6 – Profil de température de refusion	72
Figure A.1 – Dimensions.....	81
Tableau 1 – Valeurs préférentielles de tensions de catégorie.....	54
Tableau 2 – Tolérances préférentielles	55
Tableau 3 – Caractéristique de température de capacité.....	55
Tableau 4 – Plan d'essai de taille d'échantillonnage fixe pour l'homologation, niveau d'assurance EZ	58
Tableau 5 – Programme d'essai pour l'homologation	59
Tableau 6a – Contrôle lot-par-lot	63
Tableau 6b – Essai périodiques	63
Tableau 7 – Conditions d'essai	66
Tableau 8 – Limites de la tangente de l'angle de perte	67
Tableau 9 – Tensions d'essai	68
Tableau 10 – Détails des conditions de mesure	69
Tableau 11 – Profils de température de refusion pour alliage Sn-Ag-Cu.....	72
Tableau 12 – Variation de capacité maximale	73
Tableau 13 – Variation de capacité maximale	75

Tableau 14 – Nombre de cycles de chaleur humide	75
Tableau 15 – Contrôle final, mesures et exigences	76
Tableau 16 – Conditions d'essai continu de chaleur humide	77
Tableau 17 – Contrôle final, mesures et exigences	77
Tableau 18 – Conditions d'essai d'endurance ($U_C = U_R$)	78
Tableau 19 – Conditions d'essai d'endurance ($U_C \neq U_R$)	78
Tableau 20 – Contrôle final, mesures et exigences de l'essai d'endurance	79
Tableau 21 – Exigences initiales.....	80
Tableau 22 – Conditionnement	80
Tableau A.1 – Dimensions	81
Tableau C.1 – Caractéristiques de température de capacité pour la température de référence de 25 °C.....	85
Tableau C.2 – Conditions de mesure de la caractéristique en température de capacité pour la température de référence de 25 °C	85

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONDENSATEURS FIXES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES –

Partie 22: Spécification intermédiaire – Condensateurs multicouches fixes à diélectriques en céramique pour montage en surface, de Classe 2

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme Internationale CEI 60384-22 a été établie par le Comité d'Etudes 40 de la CEI: Condensateurs et résistances pour équipements électroniques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 2004 et inclut les modifications techniques significatives suivantes par rapport à l'édition précédente:

- La fréquence de 1 MHz a été réduite à 1 kHz pour 100 pF, voir 4.5.1 Capacité.
- La tension d'essai de 1,2 U_R à $U_R \geq 1\,000\text{ V}$ a été ajoutée en 4.5.4 Tenue en tension.
- Les conditions d'essai détaillées ont été mentionnées en 4.7 Essai de cisaillement et 4.8 Essai de courbure du substrat.

- Les conditions d'essai s'appliquant à l'alliage de soudure (Sn-Ag-Cu) ont été ajoutées en 4.9 Résistance à la chaleur de brasage et au 4.10 Brasabilité.
- Une sélection des conditions d'essai en fonction des besoins du marché a été ajoutée en 4.13 Chaleur humide, essai continu.
- Les dimensions de 0402 M ont été ajoutées, voir l'Annexe A.
- Le code de caractéristiques de température de capacité pour la température de référence de 25 °C a été ajouté, voir l'Annexe C.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
40/2128/FDIS	40/2141/RVD

Le rapport de vote donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La liste de toutes les parties de la série CEI 60384, sous le titre général *Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

CONDENSATEURS FIXES UTILISÉS DANS LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES –

Partie 22: Spécification intermédiaire – Condensateurs multicouches fixes à diélectriques en céramique pour montage en surface, de Classe 2

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60384 est applicable aux condensateurs multicouches fixes non encapsulés à diélectriques en céramique pour montage en surface, Classe 2, utilisés dans les équipements électroniques. Ces condensateurs possèdent des pastilles de connexion métallisées ou des bandes de soudures et sont destinés à être montés sur des cartes imprimées ou directement sur des substrats de circuits hybrides.

Les condensateurs d'antiparasitage ne sont pas inclus, mais ils sont couverts par la CEI 60384-14.

1.2 Objet

L'objet de la présente norme est de prescrire des valeurs limites et des caractéristiques préférentielles et de sélectionner à partir de la CEI 60384-1 les procédures d'assurance de la qualité, les essais et les méthodes de mesure appropriées et de donner les exigences de performance générales pour ce type de condensateur. Il convient que les exigences et les sévérités des essais prescrits dans les spécifications particulières se référant à la présente spécification intermédiaire soient d'un niveau de performance supérieur ou égal, des niveaux de performance inférieurs ne sont pas permis.

1.3 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60063:1963, *Séries de valeurs normales pour résistances et condensateurs*
Amendement 1 (1967)
Amendement 2 (1977)

CEI 60068-1:1988, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et guide*
Amendement 1 (1992)

CEI 60068-2-58:2004, *Environmental testing – Part 2-58: Tests – Test Td – Test methods for solderability, resistance to dissolution of metallization and to soldering heat of surface mounting devices (SMD)* (disponible en anglais seulement)

CEI 60384-1:2008, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 1: Generic specification* (disponible en anglais seulement)

CEI 61193-2:2007, *Quality assessment systems – Part 2: Selection and use of sampling plans for inspection of electronic components and packages* (disponible en anglais seulement)

ISO 3:1973, *Nombres normaux – Séries de nombres normaux*

1.4 Informations devant être données dans une spécification particulière

Les spécifications particulières doivent être des dérivés des spécifications particulières cadre applicables.

Les spécifications particulières ne doivent pas spécifier des exigences inférieures à celles de la spécification générique, de la spécification intermédiaire ou de la spécification particulière cadre. Lorsque des exigences plus sévères sont incluses, elles doivent être énumérées en 1.9 de la spécification particulière et indiquées dans les programmes d'essais, par exemple par un astérisque.

NOTE Les informations données en 1.4.1 peuvent, pour des raisons pratiques, être présentées sous forme de tableau.

Les informations suivantes doivent être données dans chaque spécification particulière et les valeurs notées doivent de préférence être prises parmi celles données dans l'article approprié de la présente spécification intermédiaire.

1.4.1 Dessin d'encombrement et dimensions

Il doit y avoir une illustration des condensateurs qui permette de reconnaître et de comparer facilement des condensateurs avec d'autres.

Les dimensions et leurs tolérances associées, qui affectent l'interchangeabilité et le montage, doivent être indiquées dans la spécification particulière. Toutes les dimensions doivent de préférence être stipulées en millimètres, cependant, lorsque les dimensions d'origine sont données en inches, les dimensions métriques de la conversion en millimètres doivent être ajoutées.

Normalement, les valeurs numériques doivent être données pour la longueur, la largeur et la hauteur du corps. Si nécessaire, par exemple lorsqu'un nombre d'éléments (taille et gamme de tensions/de capacités) est couvert par une spécification particulière, les dimensions et leurs tolérances associées doivent être indiquées dans un tableau en dessous du schéma.

Lorsque la configuration est autre que celle décrite ci-dessus, la spécification particulière doit stipuler ces informations dimensionnelles, afin de décrire correctement les condensateurs.

1.4.2 Montage

La spécification particulière doit donner des lignes directrices sur les méthodes de montage pour une utilisation normale. Le montage pour les besoins des essais et des mesures (si nécessaire) doit être effectué selon 4.3 de la présente spécification intermédiaire.

1.4.3 Valeurs limites et caractéristiques

Les valeurs limites et les caractéristiques doivent être conformes aux articles correspondants de la présente spécification et avec ce qui suit.

1.4.3.1 Gamme de capacités nominales

Se reporter à 2.2.4.1.

NOTE Il convient d'ajouter les indications suivantes lorsque les produits conformes à la spécification particulière possèdent différentes gammes: « La gamme des valeurs des capacités disponibles dans chaque gamme de tensions est donnée dans le registre des agréments, disponible par exemple dans le site internet www.iecq.org. »

1.4.3.2 Caractéristiques particulières

Des caractéristiques supplémentaires peuvent être indiquées, si elles sont considérées comme nécessaires pour spécifier de façon appropriée le composant pour les besoins de la conception et de l'application.

1.4.3.3 Brasage

La spécification particulière doit prescrire les méthodes d'essai, les sévérités et les exigences applicables aux essais de brasabilité et de résistance à la chaleur de brasage.

1.4.4 Marquage

La spécification particulière doit spécifier la teneur du marquage sur le condensateur et sur l'emballage. Les écarts par rapport à 1.6 de cette spécification intermédiaire doivent être stipulés spécifiquement.

1.5 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de la CEI 60384-1, ainsi que les suivants, s'appliquent.

1.5.1

condensateur pour montage en surface

condensateur dont les petites dimensions et la nature ou la forme des connexions de sortie lui permettent d'être monté en surface sur des circuits hybrides et sur des cartes imprimées

1.5.2

condensateurs fixes, diélectrique en céramique, Classe 2

condensateur doté d'un diélectrique à permittivité élevée et adapté pour des applications de contournement et de couplage ou pour des circuits discriminateurs de fréquence lorsque de faibles pertes et une stabilité élevée de capacité ne sont pas de première importance

NOTE Le diélectrique en céramique est caractérisé par une variation non linéaire de capacité sur la gamme de température de la catégorie (voir le Tableau 3).

1.5.3

sous-classe

variation maximale en pourcentage de capacité à l'intérieur de la gamme de température de la catégorie par rapport à la capacité à 20 °C

NOTE La sous-classe peut être exprimée sous forme de code (voir le Tableau 3).

1.5.4

plage des températures de catégorie

plage des températures ambiantes pour laquelle le condensateur est conçu en vue d'un fonctionnement permanent; elle est fournie par la température minimale et maximale de catégorie

1.5.5

température assignée

T_R

température ambiante maximale à laquelle la tension assignée peut être appliquée continuellement

1.5.6

tension continue assignée

U_R

tension continue maximale qui peut être appliquée continuellement à un condensateur à toute température située entre la température minimale de catégorie et la température assignée

NOTE La tension continue maximale est la somme de la tension continue et de la tension alternative de crête ou de la tension d'impulsion de crête appliquées au condensateur.

1.5.7

tension de catégorie

U_c

tension maximale pouvant être appliquée continuellement à un condensateur à sa température maximale de catégorie

1.6 Marquage

Voir 2.4 de la CEI 60384-1, avec les précisions qui suivent.

1.6.1 Informations relatives au marquage

Les informations fournies par le marquage sont normalement choisies à partir de la liste suivante; l'importance relative de chaque point est indiquée par sa position dans la liste:

- la capacité nominale;
- la tension assignée (la tension continue peut être indiquée par le symbole (---- ou ———));
- la tolérance de la capacité nominale;
- la sous-classe de diélectrique, le cas échéant (selon 2.2.5);
- l'année et le mois (ou la semaine) de fabrication;
- le nom du fabricant ou sa marque de fabrique;
- la catégorie climatique;
- la désignation de type du fabricant;
- la référence à la spécification particulière.

1.6.2 Marquage effectué sur le corps

Ces condensateurs ne comportent généralement pas de marquage au niveau du corps. Si certains marquages peuvent être appliqués, ils doivent être bien lisibles et contenir autant d'éléments cités ci-dessus considérés comme utiles que possible. Il convient d'éviter toute duplication d'informations dans le marquage du condensateur.

1.6.3 Exigences relatives au marquage

Tout marquage doit être lisible et ne doit pas être aisément maculé ou éliminé par frottement du doigt.

1.6.4 Marquage de l'emballage

L'emballage contenant le ou les condensateurs doit être clairement identifié avec toutes les informations énumérées en 1.6.1.

1.6.5 Marquage supplémentaire

Tout marquage supplémentaire doit être apposé de façon à ce qu'aucune confusion ne soit possible.

2 Valeurs limites et caractéristiques préférentielles

2.1 Caractéristiques préférentielles

Les valeurs indiquées dans la spécification particulière doivent de préférence provenir de ce qui suit.

2.1.1 Catégories climatiques préférentielles

Les condensateurs couverts par cette spécification intermédiaire sont classés selon des catégories climatiques, conformément aux règles générales de la CEI 60068-1.

Les températures minimales et maximales de catégorie ainsi que la durée de l'essai continu de chaleur humide doivent être sélectionnées parmi les suivantes:

- tension minimale de catégorie -55 °C, -40 °C, -25 °C, -10 °C et +10 °C;
- température maximale de catégorie +70 °C, +85 °C, +100 °C, +125 °C et +150 °C;
- durée de l'essai continu de chaleur humide (40 °C, h.r. 93 %): 4, 10, 21 et 56 jours.

Les sévérités pour les essais de froid et de chaleur sèche sont respectivement les températures minimale et maximale de catégorie.

NOTE La résistance à l'humidité résultant de la catégorie climatique ci-dessus concerne les condensateurs en l'état non monté. La performance climatique des condensateurs après montage dépend considérablement du substrat de montage, de la méthode de montage (voir 4.3) et du revêtement final.

2.2 Valeurs préférentielles des caractéristiques assignées

2.2.1 Température assignée (T_R)

La température assignée est égale à la température maximale de catégorie pour les condensateurs dont la température maximale de catégorie ne dépasse pas 125 °C, sauf indication contraire de la spécification particulière.

2.2.2 Tension assignée (U_R)

Les valeurs préférentielles de la tension assignée sont les valeurs de la série R5 de l'ISO 3. Si d'autres valeurs sont nécessaires, elles doivent être choisies parmi celles de la série R10.

La somme de la tension continue et de la tension alternative de crête ou de la tension alternative de crête à crête, selon celle des deux valeurs qui est la plus élevée, appliquée au condensateur ne doit pas dépasser la tension assignée. La valeur de la tension alternative de crête ne doit pas dépasser la valeur déterminée par la puissance réactive admissible.

2.2.3 Tension de catégorie (U_C)

La tension de catégorie est égale à la tension assignée pour les condensateurs dont la température maximale de catégorie est inférieure ou égale à 125 °C. Toutes tensions de catégorie qui sont différentes de la tension assignée, pour des condensateurs dont la température maximale de catégorie est supérieure à 125 °C ou pour des condensateurs à haute tension dont les tensions assignées sont supérieures à 500 V, doivent être fournies par la spécification particulière.

Les valeurs préférentielles de la tension de catégorie à la température maximale de catégorie de 125 °C pour des condensateurs de grand volume, de tension assignée de 16 V et inférieure et une température assignée de 85 °C figurent dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Valeurs préférentielles de tensions de catégorie

U_R V	2,5	4	6,3	10	16
U_C V	1,6	2,5	4	6,3	10
NOTE Les valeurs numériques de U_C sont calculées par ce qui suit:					
$U_C = 0,63 \times U_R.$					

2.2.4 Valeurs préférentielles de capacité nominale et valeurs de tolérance associées

2.2.4.1 Valeurs préférentielles de capacité nominale

Les valeurs de capacité nominale doivent provenir des séries de la CEI 60063; les séries E3, E6 et E12 étant préférentielles.

2.2.4.2 Tolérance préférentielle sur la capacité nominale

Voir Tableau 2.

Tableau 2 – Tolérances préférentielles

Série préférentielle	Tolérance %	Code littéral
E3 and E6	-20/+80	Z
	-20/+50	S
E6	±20	M
E6 et E12	±10	K

2.2.5 Caractéristiques de température de capacité

Le Tableau 3 indique par une croix les valeurs préférentielles de la caractéristique de température avec et sans application de tension continue. La méthode prévue pour coder la sous-classe est également fournie; par exemple un diélectrique avec une variation en pourcentage de ± 20 % sans application de la tension continue sur la plage de températures comprises entre -55 °C et $+125$ °C est défini comme étant un diélectrique de sous-classe 2C1.

La plage de températures pour laquelle est définie la caractéristique de température du diélectrique est la même que la plage de températures de catégorie.

Tableau 3 – Caractéristique de température de capacité

Code littéral de sous- classe	Variation maximale de capacité dans la plage de températures de catégorie par rapport à la capacité à 20 °C mesurée avec et sans application de tension continue %		Plage de températures de catégorie et code numéral correspondant					
			-55/+150 °C	-55/+125 °C	-55/+85 °C	-40/+85 °C	-25/+85 °C	+10/+85 °C
	sans application de tension continue	avec application de tension continue (NOTE 1)	0	1	2	3	4	6
2B	± 10	Exigences spécifiées dans la spécification particulière			x	x	x	
2C	± 20			x	x	x		
2D	+20/-30			x			x	
2E	+22/-56				x	x	x	x
2F	+30/-80				x	x	x	x
2R	± 15		x	x	x		x	
NOTE 1 La tension continue appliquée est soit la tension assignée soit la tension spécifiée dans la spécification particulière.								
NOTE 2 "x" indique préférentiel.								
NOTE 3 Lorsque la température maximale de catégorie est supérieure à 125 °C, il convient que les limites de variation de capacité, avec et sans application de tension continue, figurent dans la spécification particulière.								

NOTE Se reporter à l'Annexe C pour la température de référence de 25 °C, à titre de guide informatif.

2.2.6 Dimensions

Les règles suggérées pour la spécification et le code des dimensions figurent à l'Annexe A.

Les dimensions spécifiques doivent être fournies dans la spécification particulière.

3 Procédures d'assurance de la qualité

3.1 Etape initiale de fabrication

L'étape initiale de fabrication est le premier lancement en commun de l'assemblage de l'électrode et du diélectrique.

3.2 Composants associables

Les condensateurs considérés comme étant associables sont les condensateurs produits avec des procédés et des matériaux similaires, bien qu'ils puissent comporter des dimensions de boîtiers et des valeurs différentes.

3.3 Certificats de conformité des lots livrés

Les informations exigées dans la CEI 60384-1, Article Q.9 doivent être rendues disponibles, lorsqu'elles sont prescrites dans la spécification particulière et lorsqu'elles sont demandées par un acheteur. Après l'essai d'endurance les paramètres pour lesquels une information variable est nécessaire sont la variation de capacité, $\tan \delta$ et la résistance d'isolement.

3.4 Homologation

Les procédures des essais d'homologation sont indiquées dans la CEI 60384-1, Article Q.5.

Le programme à utiliser pour les essais d'homologation sur la base des essais lot par lot et périodiques est indiqué en 3.5 de la présente spécification intermédiaire. La procédure utilisant un programme d'échantillonnage fixe est donnée en 3.4.1 et 3.4.2.

3.4.1 Homologation sur la base des procédures par échantillonnage fixe

La procédure d'homologation sur un échantillon d'effectif fixe est décrite dans la CEI 60384-1, Q.5.3, b). L'échantillon doit être représentatif de la gamme des condensateurs pour lesquels l'homologation est demandée. Il peut s'agir ou non de la gamme complète couverte par la spécification particulière.

Pour chaque caractéristique de température, l'échantillon doit être constitué de spécimens de condensateurs de tailles maximale et minimale et pour chacune de ces tailles, la valeur de capacité maximale pour la tension assignée la plus haute et la tension assignée minimale des plages de tension pour lesquelles l'homologation est demandée. Lorsqu'il existe plus de quatre tensions assignées, une tension intermédiaire doit également être soumise aux essais. De ce fait, pour l'homologation d'une gamme, il est nécessaire de soumettre aux essais soit quatre soit six valeurs (combinaisons capacité/tension) de chaque caractéristique de température. Lorsque la gamme totale comprend moins de quatre valeurs, le nombre de spécimens à soumettre aux essais doit être celui qui est nécessaire pour quatre valeurs.

Dans le cas où le niveau d'assurance de la qualité EZ est utilisé, des spécimens de rechange sont permis comme suit:

Deux (pour six valeurs) ou trois (pour quatre valeurs) par valeur qui peuvent être utilisés comme rechange pour les spécimens qui ne sont pas conformes à cause d'incidents non imputables au fabricant.

Les nombres donnés dans le Groupe 0 laissent présumer que tous les groupes sont applicables. Si ce n'est pas le cas, les nombres peuvent être réduits en conséquence.

Lorsque des groupes supplémentaires sont ajoutés dans le programme d'essai d'homologation, le nombre de spécimens nécessaire pour le Groupe 0 doit être augmenté du même nombre que celui nécessaire aux groupes supplémentaires.

Le Tableau 4 donne le nombre d'échantillons qui doit être soumis aux essais dans chaque groupe ou sous-groupe, ainsi que le nombre de non-conformités autorisé pour l'essai d'homologation.

3.4.2 Essais

La série complète d'essais spécifiés dans les Tableaux 4 et 5 est exigée pour l'agrément des condensateurs couverts par une spécification particulière. Les essais de chaque groupe doivent être effectués dans l'ordre donné.

La totalité des échantillons doit être soumise aux essais du Groupe 0 et ensuite divisée pour les autres groupes.

Les spécimens trouvés non conformes lors des essais du Groupe 0 (selon le Tableau 4) ne doivent pas être utilisés pour les autres groupes.

On comptabilise "un élément non conforme" lorsqu'un condensateur n'a pas satisfait à tout ou partie des essais d'un groupe.

L'agrément est accordé lorsque le nombre d'éléments non conformes ne dépasse pas le nombre spécifié d'éléments non conformes autorisés pour chaque groupe ou sous-groupe et le nombre total de non-conformités autorisées.

NOTE Les Tableaux 4 et 5 représentent le programme d'essai de taille d'échantillonnage fixe. Le Tableau 4 comporte les détails de l'échantillonnage et des éléments non conformes autorisés pour les différents essais ou groupes d'essais. Le Tableau 5 et les détails des essais figurant dans l'Article 4 donnent un résumé complet des conditions d'essai et des exigences de performance et indiquent là où, par exemple pour la méthode d'essai ou pour les conditions d'essai, il convient qu'un choix soit effectué dans la spécification particulière.

Il est recommandé que les conditions d'essai et les exigences de performance pour le programme d'essai de taille d'échantillonnage fixe soient identiques à celles prescrites dans la spécification particulière pour le contrôle de conformité de la qualité.

Tableau 4 – Plan d'essai de taille d'échantillonnage fixe pour l'homologation, niveau d'assurance EZ

Groupe N°	Essai	Paragraphe de la présente publication	Nombre de spécimens <i>n</i> ^e	Nombre admissible d'éléments non conformes <i>c</i>
0	Examen visuel Dimensions Capacité Tangente de l'angle de perte Résistance d'isolement Tenue en tension Spécimens de rechange	4.4 4.4 4.5.1 4.5.2 4.5.3 4.5.4	132+24 ^f 12	0
1A	Robustesse des sorties ^g Résistance à la chaleur de brasage Résistance du composant au solvant ^b	4.15 4.9 4.16	12	0
1B	Impédance ^b Résistance en série équivalente [RSE] ^b Brasabilité Résistance du marquage au solvant ^b	4.5.5 4.5.6 4.10 4.17	12	0
2	Essai de courbure du substrat ^d	4.8	12	0
3 ^a	Montage Examen visuel Capacité Tangente de l'angle de perte Résistance d'isolement Tenue en tension	4.3 4.4 4.5.1 4.5.2 4.5.3 4.5.4	84+24 ^f	0 ^c
3.1	Essai de cisaillement ^h Variations rapides de température Séquence climatique	4.7 4.11 4.12	24	0
3.2	Chaleur humide, essai continu	4.13	24	0
3.3	Endurance	4.14	36	0
3.4	Chaleur humide, essai accéléré, continu ^b	4.18	24 ^f	0
4	Caractéristiques de température de capacité	4.6	12	0
<p>^a Les valeurs de ces mesures servent de mesures initiales pour les essais du Groupe 3.</p> <p>^b Si exigé dans la spécification particulière.</p> <p>^c Les condensateurs s'avérant être des éléments non conformes après montage ne doivent pas être pris en compte lors du calcul des non-conformités admissibles pour les essais suivants. Ils doivent être remplacés par des condensateurs de rechange.</p> <p>^d Non applicable aux condensateurs, qui selon leur spécification particulière ne doivent être montés que sur des substrats en alumine.</p> <p>^e Combinaison capacité/tension, voir 3.4.1.</p> <p>^f Condensateurs supplémentaires, si le Groupe 3.4 est soumis à l'essai.</p> <p>^g Applicable aux condensateurs avec sorties à lamelle.</p> <p>^h Non applicable aux condensateurs avec sorties à lamelle.</p>				

Tableau 5 – Programme d'essai pour l'homologation

Numéro de paragraphe et essai (voir NOTE 1)	D ou ND	Conditions d'essai (voir NOTE 1)	Nombre de spécimens ⁽ⁿ⁾ et nombre d'éléments non conformes ^(c)	Exigences de performance (voir NOTE 1)
GROUPE 0	ND		Voir Tableau 4	
4.4 Examen visuel				Selon 4.4.2.
4.4 Dimensions (détail)				Marquage lisible et comme indiqué dans la spécification particulière
4.5.1 Capacité		Fréquence: ... Hz Tension de mesure: ... V r.m.s.		Voir la spécification particulière
4.5.2 Tangente de l'angle de perte ($\tan \delta$)		Fréquence et tension de mesure identiques à celles de 4.5.1		Dans la tolérance spécifiée
4.5.3 Résistance d'isolement		Voir la spécification particulière pour la méthode		Selon 4.5.2.
4.5.4 Tenue en tension		Voir la spécification particulière pour la méthode		Selon 4.5.3.3
				Ni claquage ni amorçage
GROUPE 1A	D		Voir Tableau 4	
4.15 Robustesse des sorties (si applicable)		Essai U_{a1} , force: 2,5 N Essai U_b , méthode 1, force: 2,5 N Nombre de courbures: 1 Examen visuel		Aucune dégradation visible
4.9.2 Mesure initiale		Capacité		
4.9 Résistance à la chaleur de brasage		Préconditionnement particulier tel qu'en 4.1 Voir la spécification particulière pour la méthode Rétablissement: (24 ± 2) h		
4.9.5 Mesure finale		Examen visuel Capacité		Comme en 4.9.5 Comme en 4.9.5
4.16 Résistance du composant aux solvants (si applicable)		Solvant: ... Température du solvant: ... Méthode 2 Rétablissement: ...		Voir la spécification particulière
GROUPE 1B	D		Voir Tableau 4	
4.5.5 Impédance (si exigée)		Fréquence: 100 kHz		Voir la spécification particulière
4.5.6 RSE (si exigée)		Fréquence: 100 kHz		Voir la spécification particulière
4.10 Brasabilité		Voir la spécification particulière pour la méthode		
4.10.3 Mesures finales		Examen visuel		Selon 4.10.3

Tableau 5 – Programme d'essais pour l'homologation (suite)

Numéro de paragraphe et essai (voir NOTE 1)	D ou ND	Conditions d'essai (voir NOTE 1)	Nombre de spécimens (n) et nombre d'éléments non conformes (c)	Exigences de performance (voir NOTE 1)
4.17 Résistance au solvant du marquage ^a (si exigée)	D	Solvant: ... Température du solvant: ... Méthode 1 Matériau de frottement: Coton hydrophile Rétablissement: ...		Marquage lisible
GROUPE 2 4.8 Essai de courbure du substrat 4.8.1 Mesures initiales 4.8.2 Contrôle final	D	Flèche ... Nombre de courbures: ... Capacité Capacité (avec la carte imprimée dans une position articulée) Examen visuel	Voir Tableau 4	Voir la spécification particulière $ \Delta C/C \leq 10 \%$ Aucune dégradation visible
GROUPE 3 4.3 Montage	D	Matériau du substrat: ... ^b Examen visuel Capacité Tangente de l'angle de perte Résistance d'isolement Tenue en tension	Voir Tableau 4	Selon 4.4.2 Dans la tolérance spécifiée Selon 4.5.2 Selon 4.5.3.3 Ni claquage ni amorçage
GROUPE 3.1 4.7 Essai de cisaillement 4.11.2 Mesures initiales 4.11 Variations rapides de température 4.11.5 Mesures finales 4.12 Séquence climatique 4.12.2 Mesures initiales 4.12.3 Chaleur sèche 4.12.4 Chaleur humide, cyclique, Essai Db, premier cycle	D	Examen visuel Capacité Préconditionnement particulier tel qu'en 4.1 T_A = Température minimale de catégorie T_B = Température maximale de catégorie Cinq cycles Durée $t_1 = 30$ min Rétablissement: (24 ± 2) h Examen visuel Capacité Préconditionnement particulier tel qu'en 4.1 Capacité Température: température maximale de catégorie Durée: 16 h	Voir Tableau 4	Aucune dégradation visible Aucune dégradation visible $\Delta C/C$: selon le 4.11.5

Tableau 5 – Programme d'essais pour l'homologation (suite)

Numéro de paragraphe et essai (voir NOTE 1)	D ou ND	Conditions d'essai (voir NOTE 1)	Nombre de spécimens ⁽ⁿ⁾ et nombre d'éléments non conformes ^(c)	Exigences de performance (voir NOTE 1)
4.12.5 Froid 4.12.6 Chaleur humide, cyclique, essai Db, cycles restants 4.12.7 Mesures finales	D	Température: température minimale de catégorie Durée: 2 h Examen visuel Rétablissement: (24 ± 2) h Examen visuel Capacité Tangente de l'angle de perte Résistance d'isolement	Voir Tableau 4	Aucune dégradation visible Aucune dégradation visible Marquage lisible $\Delta C/C$: Selon 4.12.7 Selon 4.12.7 Selon 4.12.7
GROUPE 3.2 4.13 Chaleur humide, essai continu 4.13.2 Mesures initiales 4.13.5 Mesures finales	D	Préconditionnement particulier tel qu'en 4.1 Capacité Rétablissement: (24 ± 2) h Examen visuel Capacité Tangente de l'angle de perte Résistance d'isolement	Voir Tableau 4	Aucune dégradation visible Marquage lisible $\Delta C/C$: selon 4.13.5 selon 4.13.5 selon 4.13.5
GROUPE 3.3 4.14 Endurance 4.14.2 Mesures initiales 4.14.5 Mesures finales	D	Préconditionnement particulier tel qu'en 4.1 Durée: ... h Température: ... °C Tension: ... V Capacité Rétablissement: (24 ± 2) h Examen visuel Capacité Tangente de l'angle de perte Résistance d'isolement	Voir Tableau 4	Aucune dégradation visible Marquage lisible $\Delta C/C$: selon 4.14.5 selon 4.14.5 selon 4.14.5
GROUPE 3.4 4.18 Chaleur humide, essai accéléré, continu (si exigé) 4.18.1 Mesures initiales 4.18.4 Mesures finales	D	Durée: ... h Température: (85 ± 2) °C Humidité: (85 ± 3) % Résistance d'isolement Rétablissement: (24 ± 2) h Résistance d'isolement	Voir Tableau 4	Selon 4.18.1 Selon 4.18.4
GROUPE 4 4.6 Caractéristiques de température de capacité	ND	Préconditionnement particulier tel qu'en 4.1	Voir Tableau 4	$\Delta C/C$: selon 4.6.3

NOTE 1 Les numéros de paragraphe des exigences d'essais et de performances se réfèrent à l'Article 4.

NOTE 2 Dans le présent tableau: D = destructif, ND = non destructif.

^a Cet essai peut être effectué sur des condensateurs pour montage sur un substrat.

^b Lorsque différents matériaux de substrat sont utilisés pour le sous-groupe individuel, la spécification particulière doit indiquer quel matériau de substrat est utilisé dans chaque sous-groupe.

3.5 Contrôle de conformité de la qualité

3.5.1 Constitution des lots de contrôle

3.5.1.1 Contrôle des groupes A et B

Ces essais doivent être effectués sur la base d'essais lot par lot.

Un fabricant peut ajouter la production en cours dans des lots de contrôle soumis aux mesures de protection suivantes:

- 1) Le lot de contrôle doit être constitué de condensateurs associables (voir 3.2).
- 2a) L'échantillon soumis aux essais doit être représentatif des valeurs et des dimensions contenues dans le lot de contrôle:
 - en fonction de leur nombre;
 - comportant un minimum de cinq de l'une quelconque des valeurs.
- 2b) Si l'échantillon comprend moins de cinq de l'une quelconque des valeurs, la base pour le prélèvement des échantillons doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'Organisme National de Surveillance¹.

3.5.1.2 Contrôle du groupe C

Ces essais doivent être effectués de façon périodique.

Les échantillons doivent être représentatifs des périodes spécifiées de la production en cours et doivent être partagés en petite, moyenne et grande pièces. Afin de pouvoir couvrir la gamme des agréments de toutes les périodes, une tension de chaque groupe de tailles doit être soumise aux essais. Pour les périodes suivantes, d'autres tailles et/ou tensions assignées de la production doivent être soumises aux essais avec l'intention de couvrir l'ensemble de la gamme.

3.5.2 Programme d'essais

Le programme pour les essais lot par lot et périodiques pour le contrôle de conformité de la qualité est donné à l'Article 2, Tableau 4 de la spécification particulière cadre.

3.5.3 Livraison différée

Lorsque, selon les procédures de l'Article Q.10 de la CEI 60384-1, un nouveau contrôle doit être effectué, la brasabilité et la capacité doivent être vérifiées comme spécifié dans le contrôle des Groupes A et B.

3.5.4 Niveaux d'assurance de la qualité

Le ou les niveaux d'assurance donnés dans la spécification particulière cadre doivent de préférence être choisis dans les Tableaux 6a et 6b.

¹ Le terme d'Organisme de Certification (ou OC) remplace le terme l'Organisme National de Surveillance (ONS), voir IECQ 01.

Tableau 6a – Contrôle lot-par-lot

Sous-groupe de contrôle ^d	EZ		
	NC ^a	<i>n</i> ^a	<i>c</i> ^a
A0	100 % ^b		
A1	S-4	<i>c</i>	0
A2	S-3	<i>c</i>	0
B1	S-3	<i>c</i>	0
B2	S-2	<i>c</i>	0
^a NC = niveau de contrôle <i>n</i> = nombre d'échantillons <i>c</i> = nombre admissible d'éléments non conformes ^b Après le retrait des éléments non conformes par les essais à 100 % au cours du processus de fabrication, le contrôle par échantillonnage doit être réalisé, afin de contrôler le niveau de qualité obtenu en donnant les éléments non conformes en pourcentage par million ($\times 10^{-6}$). Le niveau d'échantillonnage doit être établi par le fabricant, de préférence conformément à la CEI 61193-2, Annexe A. Dans le cas où l'on rencontre un ou plusieurs éléments non conformes dans un échantillon, ce lot doit être rejeté, mais la totalité de l'échantillon doit être contrôlée et tous les éléments non conformes doivent être comptabilisés en vue du calcul des valeurs de niveau de qualité. Le niveau de qualité obtenu en donnant les éléments non conformes en valeurs de pourcentage par million ($\times 10^{-6}$) doit être calculé en cumulant les données de contrôle, selon la méthode fournie dans la CEI 61193-2, 6.2. ^c Nombre à soumettre à l'essai: Le nombre d'échantillons doit être déterminé conformément à la CEI 61193-2, 4.3.2. ^d Le contenu du sous-groupe de contrôle est décrit dans l'Article 2 de la spécification particulière cadre applicable.			

Tableau 6b – Essai périodiques

Sous-groupe de contrôle ^c	EZ		
	<i>p</i> ^a	<i>n</i> ^a	<i>c</i> ^a
C1	3	12	0
C2	3	12 ^b	0
C3.1	6	27	0
C3.2	6	15	0
C3.3	3	15	0
C3.4	6	15 ^b	0
C4	6	9	0
^a <i>p</i> = périodicité en mois <i>n</i> = nombre d'échantillons <i>c</i> = nombre admissible d'éléments non conformes ^b Condensateurs supplémentaires, si le Sous-groupe C3.4 est soumis à l'essai. ^c Le contenu du sous-groupe de contrôle est décrit dans l'Article 2 de la spécification particulière cadre applicable.			

4 Procédures d'essais et de mesures

Cet article complète les informations données à l'Article 4 de la CEI 60384-1.

4.1 Préconditionnement particulier

Sauf indication contraire de la spécification particulière, le preconditionnement particulier lorsqu'il est spécifié dans cette spécification intermédiaire avant un essai ou une séquence d'essais, doit être effectué dans les conditions suivantes:

Exposition à la température maximale de catégorie ou à une température supérieure, telle qu'elle peut figurer dans la spécification particulière, pendant 1 h, suivie par le rétablissement pendant (24 ± 1) h dans les conditions atmosphériques normales pour les essais.

NOTE Les condensateurs perdent leur capacité en continu avec le temps selon une loi logarithmique (c'est ce que l'on désigne par vieillissement). Toutefois, si le condensateur est chauffé à une température supérieure au point de Curie, une "régénération" se produit; c'est-à-dire que la capacité perdue du fait du "vieillissement" est récupérée, et le "vieillissement" reprend à partir du moment où le condensateur refroidit. L'objet du preconditionnement particulier est d'amener le condensateur à un état défini quel que soit son historique antérieur. (Voir l'Article B. 4 pour des informations complémentaires).

4.2 Conditions de mesure

Voir 4.2.1 de la CEI 60384-1.

4.3 Montage

Voir 4.33 de la CEI 60384-1.

4.4 Examen visuel et contrôle des dimensions

Voir 4.4 de la CEI 60384-1, avec les précisions qui suivent.

4.4.1 Examen visuel

Un examen visuel doit être effectué avec un équipement adapté avec un grossissement approximatif de $10\times$ et un éclairage approprié à un spécimen en essai et au niveau de qualité exigé.

NOTE Il convient que l'opérateur dispose de moyens adaptés dans le cas d'un éclairage incident ou transmis, ainsi que de moyens de mesure appropriés.

4.4.2 Exigences

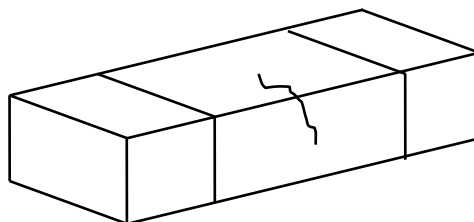
Les valeurs quantitatives des exigences ci-dessous peuvent être fournies dans la spécification particulière ou dans la spécification du fabricant.

4.4.2.1 Exigences concernant la céramique

- a) Être dépourvue de craquelures ou de fissures, à l'exception de petites dégradations en surface n'étant pas préjudiciables à la performance du condensateur (Exemples: voir les Figures 1 et 2).



IEC 2569/11

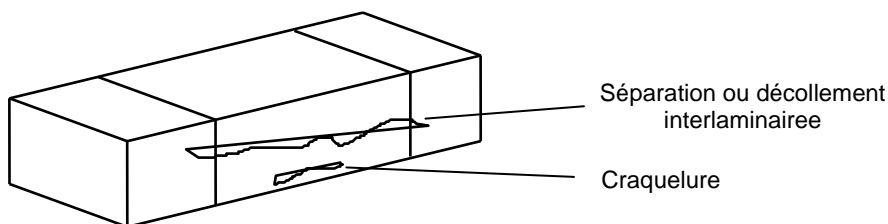
Figure 1 – Défaut: craquelure ou fissure

IEC 2570/11

NOTE Craquelure ou fissure d'un côté ou s'étendant d'une face à une autre en passant par une arête.

Figure 2 – Défaut: craquelure ou fissure

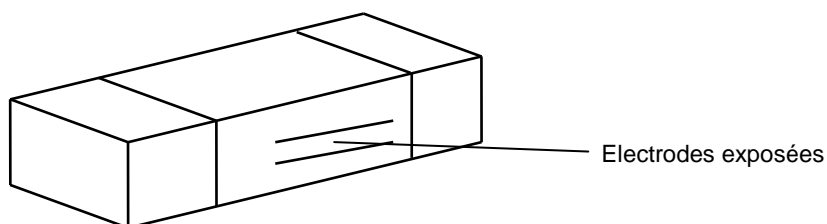
- b) Pas de présence de séparation ou déstratification visible entre les couches du condensateur (voir la Figure 3).



IEC 2571/11

Figure 3 – Séparation ou décollement interlaminaire

- c) Pas de présence d'électrodes exposées entre les deux sorties (voir la Figure 4).



IEC 2572/11

Figure 4 – Electrodes exposées

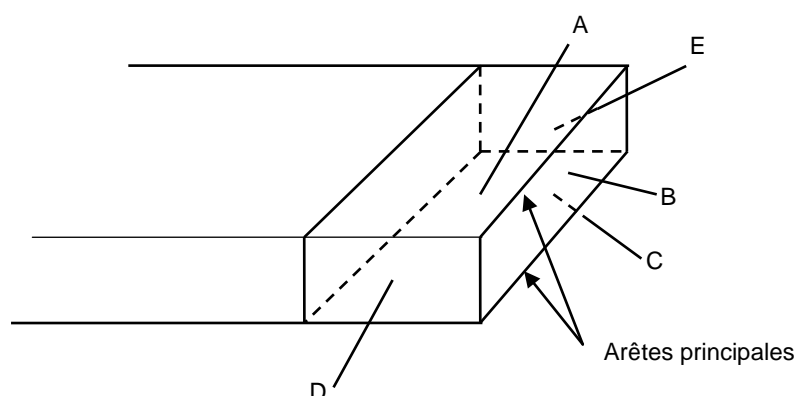
- d) Le corps céramique doit être exempt de toute trace conductrice (métallisation, étamage,...) sur une zone centrale entre deux sorties adjacentes, étant égale à la distance minimale entre celles-ci (Annexe A, dimension L_4).

4.4.2.2 Exigences concernant la métallisation

- a) Pas de présence de décollement visible des sorties métallisées et pas de présence d'électrodes exposées (voir la Figure 4).
- b) Les faces principales (voir la Figure 5) sont celles notées A, B et C.

Dans le cas de condensateurs de section carrée, les faces D et E sont également considérées comme principales.

La surface maximale des espaces de métallisation sur chaque face principale ne doit pas être supérieure à 15 % de la surface de cette face; ces espaces ne doivent pas être concentrés dans la même zone. Les espaces de métallisation ne doivent pas affecter les deux arêtes principales de chaque extrémité du bloc (ou quatre arêtes pour condensateurs de section carrée). La dissolution de l'électrodéposition sur la face frontale (lixiviation) ne doit pas dépasser 25 % de la longueur de l'arête concernée.



IEC 2573/11

Figure 5 – Faces principales

4.5 Essais électriques

4.5.1 Capacité

Voir 4.7 de la CEI 60384-1, avec les précisions qui suivent.

4.5.1.1 Conditions de mesure

Voir le Tableau 7, sauf indication contraire dans la spécification particulière.

Tableau 7 – Conditions d'essai

Capacité nominale	Tension assignée U_R	Fréquence	Tension de mesure V, valeur efficace	Tension de référence V, valeur efficace
$C_N < 100 \text{ pF}$	^a	1 MHz	$1,0 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,02$
$100 \text{ pF} \leq C_N \leq 10 \text{ } \mu\text{F}$	$U_R > 6,3 \text{ V}$	1 kHz	$1,0 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,02$
	$U_R \leq 6,3 \text{ V}$	1 kHz	$0,5 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,02$
$C_N > 10 \text{ } \mu\text{F}$	^a	100 Hz ou 120 Hz	$0,5 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,02$

^a Toutes les tensions assignées (U_R).

4.5.1.2 Exigences

La valeur de capacité, telle que mesurée en l'état non monté, doit correspondre à la valeur assignée en prenant en compte la tolérance spécifiée.

La capacité telle que mesurée en l'état monté selon le Groupe 3 est donnée uniquement à des fins de référence lors des essais ultérieurs.

S'agissant des mesures de référence, la valeur de capacité doit être la valeur extrapolée à une durée de vieillissement de 1 000 h, sauf précision contraire dans la spécification

particulière, (voir les explications dans l'Annexe B). Si l'on applique une durée de vieillissement autre que 1 000 h, celle-ci peut être indiquée dans la spécification particulière.

4.5.2 Tangente de l'angle de perte ($\tan \delta$)

Voir 4.8 de la CEI 60384-1, avec les précisions qui suivent.

4.5.2.1 Conditions de mesure

Les conditions de mesure sont les mêmes qu'en 4.5.1. L'imprécision des appareils de mesure ne doit pas dépasser 1×10^{-3} .

4.5.2.2 Exigences

La tangente de l'angle de perte telle que mesurée en l'état non monté ne doit pas dépasser les limites fournies dans le Tableau 8.

Tableau 8 – Limites de la tangente de l'angle de perte

Tension assignée U_R	Sous-classe	Tangente de l'angle de perte %
$U_R \geq 10 \text{ V}$	Tous codes de sous-classe	Non supérieure à 0,035 ou une valeur susceptible d'être donnée dans la spécification particulière
$U_R < 10 \text{ V}$	2B, 2C, 2R	0,1
	2D, 2E	0,15
	2F	0,2
NOTE Voir en 2.2.5 l'explication des codes de sous-classes.		

La tangente de l'angle de perte telle que mesurée en l'état monté selon le Groupe 3 est donnée uniquement à des fins de référence lors des essais ultérieurs.

4.5.3 Résistance d'isolement

Voir 4.5 de la CEI 60384-1, avec les précisions qui suivent.

4.5.3.1 Préparation de l'essai

Avant l'essai, les condensateurs doivent être soigneusement nettoyés pour éliminer toute contamination.

Des précautions doivent être prises pour maintenir la propreté dans les enceintes d'essai et pendant les mesures finales. Avant la mesure, les condensateurs doivent être complètement déchargés. La résistance d'isolement doit être mesurée entre les sorties.

4.5.3.2 Conditions de mesure

Voir 4.5.2 de la CEI 60384-1, avec les précisions suivantes:

La tension de mesure peut être d'une valeur quelconque inférieure ou égale à U_R , la tension de référence étant U_R , pour les condensateurs dont la tension assignée est inférieure ou égale à 1 kV. Pour $U_R > 1 \text{ kV}$ la tension de référence doit être de 1 kV.

La résistance d'isolement (R_i) doit être mesurée après avoir appliqué la tension pendant $(60 \pm 5) \text{ s}$.

S'agissant des essais lot par lot (Groupe A), on peut mettre fin à l'essai plus rapidement, si la valeur exigée de résistance d'isolement est atteinte.

Le produit de la résistance interne de la source de tension et de la capacité nominale du condensateur ne doit pas dépasser 1 s, sauf prescription contraire figurant dans la spécification particulière.

Le courant de charge ne doit pas dépasser 0,05 A. Pour les condensateurs dont les tensions assignées sont de 1 kV et supérieures, une valeur limite inférieure peut être donnée dans la spécification particulière.

4.5.3.3 Exigences

La résistance d'isolement doit satisfaire aux exigences suivantes:

$C_N \leq 25 \text{ nF}$	$R_i \geq 4\,000 \text{ M}\Omega$
$C_N > 25 \text{ nF}$	$R_i \times C_R \geq 100 \text{ s}$

4.5.4 Tenue en tension

Voir la CEI 60384-1, 4.6, avec les précisions qui suivent.

4.5.4.1 Conditions d'essais

Le produit de R_1 et de la capacité nominale C_X doit être inférieur ou égal à 1 s.

NOTE R_1 est une résistance de charge, comprenant la résistance interne de la source de tension. Voir 4.6.1 de la CEI 60384-1.

Le courant de charge ne doit pas dépasser 0,05 A.

Pour les condensateurs dont les tensions assignées sont de 1 kV et supérieures, une valeur limite inférieure de courant de charge peut être donnée dans la spécification particulière. Pour protéger les condensateurs contre l'amorçage, l'essai peut être réalisé dans un milieu isolant adapté.

4.5.4.2 Tensions d'essai

Les tensions d'essai suivantes selon le Tableau 9 doivent être appliquées entre les points de mesures en 4.5.3 et le Tableau 3 de la CEI 60384-1, pendant une période de 1 min pour les essais d'homologation et pendant une période de 1 s pour les essais de conformité de la qualité lot par lot.

Tableau 9 – Tensions d'essai

Tension assignée V	Tension d'essai V
$U_R \leq 100$	$2,5 U_R$
$100 < U_R \leq 200$	$1,5 U_R + 100$
$200 < U_R \leq 500$	$1,3 U_R + 100$
$500 < U_R < 1\,000$	$1,3 U_R$
$U_R \geq 1\,000$	$1,2 U_R$

4.5.4.3 Exigence

Il ne doit se produire ni claquage ni amorçage pendant l'essai.

4.5.5 Impédance (si exigée par la spécification particulière)

Voir 4.10 de la CEI 60384-1, avec les précisions qui suivent.

4.5.5.1 Conditions de mesure

La fréquence de mesure: $100 \text{ kHz} \pm 10 \%$.

4.5.5.2 Exigences

L'impédance doit être spécifiée dans la spécification particulière.

4.5.6 Résistance en série équivalente [RSE] (si exigée par la spécification particulière)

Voir 4.8.2 de la CEI 60384-1, avec les précisions qui suivent.

4.5.6.1 Conditions de mesure

La fréquence de mesure: $100 \text{ kHz} \pm 10 \%$.

4.5.6.2 Exigences

La RSE doit être stipulée dans la spécification particulière.

4.6 Caractéristiques de température de capacité**4.6.1 Préconditionnement particulier**

Voir 4.1.

4.6.2 Conditions de mesure

Voir 4.24.1 de la CEI 60384-1, avec les précisions suivantes:

Les condensateurs doivent être mesurés à l'état non monté, ainsi que dans les conditions du Tableau 10.

Tableau 10 – Détails des conditions de mesure

Etape de mesure	Température °C	Application de tension continue
1	20 ± 2	–
2	$T_A^a \pm 3$	–
3	20 ± 2	–
4	$T_B^b \pm 2$	–
5	$T_B \pm 2$	×
6	20 ± 2	×
7	$T_A \pm 3$	×
8	20 ± 2	–

NOTE 1	"–"	indique: pas d'application de tension continue
	"x"	indique: application de tension continue (si stipulée dans la spécification particulière)
NOTE 2	Les mesures peuvent être effectuées à des températures intermédiaires permettant de garantir que les exigences de 2.2.5 sont satisfaites.	
NOTE 3	La capacité de référence est la capacité mesurée à l'Etape 3.	
NOTE 4	En raison des effets décrits dans la Note de 4.1, les valeurs de capacité mesurées à la référence de température, Etapes 5 à 7, comportant l'application de tension continue, sont fonction du temps. Cette dépendance au temps est comprise dans les limites données pour la variation de capacité. La variation de capacité entre la première et la dernière mesure à la référence de température, Étapes 1 et 8, indique l'importance du vieillissement concerné. En cas de litige au sujet des résultats des mesures avec l'application de la tension continue, il est conseillé de convenir d'un intervalle de temps fixe entre les mesures à la référence de température, Étapes 5 et 7 avec application de la tension continue (se reporter en 4.24.1.3 de la CEI 60384-1).	
^a	T_A = Température minimale de catégorie.	
^b	T_B = Température maximale de catégorie.	

4.6.3 Exigences

La caractéristique de température avec et sans application de tension continue ne doit pas dépasser les valeurs du Tableau 3. La variation de capacité doit être calculée conformément à 4.24.3.1 de la CEI 60384-1.

4.7 Essai de cisaillement

Voir 4.34 de la CEI 60384-1.

Une force doit être choisie entre 1 N, 2 N, 5 N ou 10 N et précisée dans la spécification particulière.

4.8 Essai de courbure du substrat

Voir 4.35 de la CEI 60384-1.

Sauf indication contraire dans la spécification particulière,

- la flèche D doit être choisie entre 1 mm, 2 mm ou 3 mm,
- le nombre de courbures doit être égal à 1 fois,
- le rayon de l'outil de pliage doit être égal à 5 mm.

NOTE Lorsque la flèche D est égale à 2 mm ou inférieure, le rayon peut être égal à 230 mm.

- La durée en l'état courbé doit être de 5 s.

Pour 1005M ou une dimension inférieure, il convient que l'épaisseur du substrat soit égale à 0,8 mm.

4.8.1 Mesures initiales

La capacité doit être mesurée comme spécifié en 4.5.1 et dans la spécification particulière.

4.8.2 Contrôle final

Les condensateurs doivent être examinés visuellement et il ne doit pas y avoir de dommage visible.

La variation de capacité avec la carte dans une position articulée ne doit pas dépasser 10 %.

4.9 Résistance à la chaleur de brasage

Voir la CEI 60068-2-58, avec les précisions qui suivent.

4.9.1 Préconditionnement particulier

Voir 4.1.

4.9.2 Mesures initiales

La capacité doit être mesurée selon 4.5.1.

4.9.3 Conditions d'essais

4.9.3.1 Méthode du bain de brasage (applicable à 1608M, 2012M et 3216M)

NOTE Voir les explications des codes de taille figurant dans le Tableau A.1.

Voir la CEI 60068-2-58, Articles 6 et 8, avec les détails suivants, sauf spécification contraire dans la spécification particulière.

Le spécimen doit être préchauffé à une température de (110 à 140) °C et maintenu ainsi pendant 30 s à 60 s.

Alliage de soudure: Sn-Pb ou Sn-Ag-Cu

Température: 260 °C ± 5 °C

Durée d'immersion: 10 s ± 1 s

Profondeur d'immersion: 10 mm

Nombre d'immersions: 1

4.9.3.2 Système de brasage par convection de gaz forcée et infrarouge

Voir la CEI 60068-2-58, Articles 7 et 8, avec les précisions suivantes:

- a) la pâte à souder doit être appliquée au substrat pour essai;
- b) l'épaisseur du dépôt de brasure doit être spécifiée dans la spécification particulière;
- c) les extrémités de l'éprouvette doivent être placées sur la pâte à souder;
- d) alliage de soudure: Sn-Pb;
sauf indication contraire dans la spécification particulière, l'éprouvette et le substrat pour essai doivent être préchauffés à une température de (150 ± 10) °C et doivent rester pendant 60 s à 120 s dans le système de brasage à convection de gaz forcée et infrarouge;
la température du système de soudure par refusion doit être rapidement augmentée jusqu'à ce que l'éprouvette atteigne (235 ± 5) °C et reste à cette température pendant (10 ± 1) s. Nombre de chaque essai: 1, sauf indication contraire dans la spécification particulière;
- e) alliage de soudure: Sn-Ag-Cu;
sauf spécification contraire de la spécification particulière, le profil de température de refusion doit être choisi à partir du Tableau 11 et de la Figure 6;

Tableau 11 – Profils de température de refusion pour alliage Sn-Ag-Cu

Composition de l'alliage		T_1 °C	T_2 °C	t_1 s	T_3 °C	t_2 s	T_4 °C	t_3 s
Brasure sans plomb (Sn-Ag-Cu)	Essai 1	150 ± 5	180 ± 5	120 ± 5	220	60 à 90	250	de 20 à 40 à $T_4 - 5$ K
	Essai 2	150 ± 5	180 ± 5	120 ± 5	220	≤ 60	255	≤ 20 à $T_4 - 10$ K

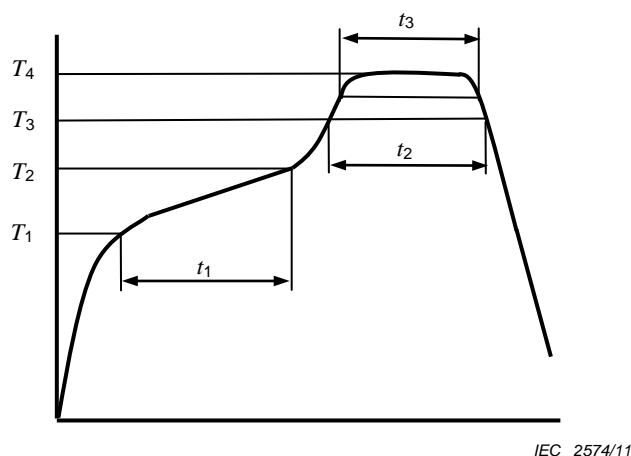


Figure 6 – Profil de température de refusion

- f) nombre de chaque essai: 1, sauf indication contraire dans la spécification particulière;
- g) le profil de température de d) ou e) doit être spécifié dans la spécification particulière.

4.9.4 Reprise

La reprise des condensateurs doit durer $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$.

Les résidus de flux doivent être enlevés avec un solvant adapté.

4.9.5 Contrôle final, mesures et exigences

Après la reprise, les condensateurs doivent être examinés visuellement et mesurés et doivent satisfaire aux exigences suivantes:

Sous un éclairage normal et un grossissement d'environ $10\times$, il ne doit apparaître aucun signe de détérioration tel que des fissures.

La dissolution de l'électrodéposition sur la face frontale (lixiviation) ne doit pas dépasser 25 % de la longueur de l'arête concernée. La spécification particulière peut prescrire des précisions supplémentaires.

La capacité doit être mesurée selon 4.5.1 et la variation ne doit pas être supérieure aux valeurs figurant dans le Tableau 12.

Tableau 12 – Variation de capacité maximale

Sous-classe	Exigences
2B et 2C	$\pm 10 \%$
2D et 2R	$\pm 15 \%$
2E et 2F	$\pm 20 \%$
NOTE Voir en 2.2.5 l'explication des codes de sous-classes.	

4.10 Brasabilité

Voir la CEI 60068-2-58, avec les précisions qui suivent.

4.10.1 Conditions d'essais

Voir la CEI 60068-2-58, avec les précisions qui suivent.

4.10.1.1 Méthode du bain de brasage (applicable à 1608M, 2012M et 3216M)

NOTE Voir les explications des codes de taille figurant dans le Tableau A.1.

Voir la CEI 60068-2-58, Articles 6 et 8, avec les détails suivants, sauf spécification contraire dans la spécification particulière.

Le spécimen doit être préchauffé à une température de (80 à 140) °C et maintenu ainsi pendant 30 s à 60 s.

Alliage de soudure:	Sn-Pb	Sn-Ag-Cu
Température:	$(235 \pm 5) ^\circ\text{C}$	$(245 \pm 5) ^\circ\text{C}$
Durée d'immersion:	$(2 \pm 0,2) \text{ s}$	$(3 \pm 0,3) \text{ s}$
Profondeur d'immersion:	10 mm	10 mm
Nombre d'immersions:	1	1

4.10.1.2 Système de brasage par convection de gaz forcée et infrarouge

Voir les Articles 7 et 8 de la CEI 60068-2-58, avec les précisions suivantes:

- a) la pâte à souder doit être appliquée au substrat pour essai;
l'épaisseur du dépôt de brasure doit être spécifiée dans la spécification particulière;
- c) les extrémités de l'éprouvette doivent être placées sur la pâte à souder;
- d) alliage de soudure: Sn-Pb;
sauf indication contraire dans la spécification particulière, l'éprouvette et le substrat pour essai doivent être préchauffés à une température de $(150 \pm 10) ^\circ\text{C}$ et doivent rester pendant 60 s à 120 s dans le système de brasage à convection de gaz forcée et infrarouge;
la température du système de soudure par refusion doit être rapidement augmentée jusqu'à ce que l'éprouvette atteigne $(215 \pm 3) ^\circ\text{C}$ et reste à cette température pendant $(10 \pm 1) \text{ s}$.
- e) alliage de soudure: Sn-Ag-Cu;
sauf indication contraire dans la spécification particulière, l'éprouvette et le substrat pour essai doivent être préchauffés à une température comprise entre $(150 \pm 5) ^\circ\text{C}$ et

(180 ± 5) °C pendant 60 s à 120 s dans le système de brasage à convection de gaz forcée et infrarouge;

la température du système de soudure par refusion doit être rapidement augmentée jusqu'à ce que l'éprouvette atteigne (235 ± 3) °C. Au-dessus de 225 °C, la valeur de temps doit être égale à (20 ± 5) s;

f) le profil de température de d) ou e) doit être spécifié dans la spécification particulière.

4.10.2 Reprise

Les résidus de flux doivent être enlevés avec un solvant adapté.

4.10.3 Contrôle final, mesures et exigences

Les condensateurs doivent être examinés visuellement sous un éclairage normal et un grossissement d'environ 10×. Il ne doit y avoir aucun signe de détérioration.

Les deux surfaces d'extrémité et les surfaces de contact doivent être recouvertes d'un revêtement de soudure lisse et lumineux qui ne doit comporter qu'une quantité minimale d'imperfections disséminées, telles que des piqûres, des zones non mouillées ou démouillées. Ces imperfections ne doivent pas être concentrées sur une même zone.

La spécification particulière peut prescrire des exigences supplémentaires.

4.11 Variations rapides de température

Cet essai ne doit être appliqué qu'aux seuls condensateurs pour lesquels la température de catégorie est supérieure à 110 °C.

Voir 4.16 de la CEI 60384-1, avec les précisions suivantes:

Les condensateurs doivent être montés selon 4.3.

4.11.1 Préconditionnement particulier

Voir 4.1.

4.11.2 Mesures initiales

La capacité doit être mesurée selon 4.5.1.

4.11.3 Nombre de cycles

Nombre de cycles: 5

Durée d'exposition aux limites de température: 30 min.

4.11.4 Reprise

La reprise des condensateurs doit durer $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$.

4.11.5 Contrôle final, mesures et exigences

Les condensateurs doivent être examinés visuellement. Il ne doit y avoir aucun dommage visible.

La capacité doit être mesurée selon 4.5.1 et la variation ne doit pas être supérieure aux valeurs figurant dans le Tableau 13.

Tableau 13 – Variation de capacité maximale

Sous-classe	Exigences
2B et 2C	±10 %
2D et 2R	±15 %
2E et 2F	±20 %
NOTE Voir en 2.2.5 l'explication des codes de sous-classes.	

4.12 Séquence climatique

Voir 4.21 de la CEI 60384-1, avec les précisions suivantes:

4.12.1 Préconditionnement particulier

Voir 4.1.

4.12.2 Mesures initiales

La capacité doit être mesurée selon 4.5.1.

4.12.3 Chaleur sèche

Voir 4.21.2 de la CEI 60384-1.

4.12.4 Chaleur humide, cyclique, Essai Db, premier cycle

Voir 4.21.3 de la CEI 60384-1.

4.12.5 Froid

Voir 4.21.4 de la CEI 60384-1, avec les précisions qui suivent.

4.12.5.1 Contrôle final et exigences

Les condensateurs doivent être examinés visuellement. Il ne doit y avoir aucun dommage visible.

4.12.6 Chaleur humide, cyclique, Essai Db, cycles restants

Voir 4.21.6 de la CEI 60384-1, avec les précisions qui suivent.

4.12.6.1 Conditions d'essai

Sans application de tension.

Les cycles restants doivent être soumis à l'essai conformément au Tableau 14.

Tableau 14 – Nombre de cycles de chaleur humide

Catégorie	N° de cycles de 24 h
- / - /56	5
- / - /21	1
- / - /10	1
- / - /04	0

4.12.6.2 Reprise

La reprise des condensateurs doit durer $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$.

4.12.7 Contrôle final, mesures et exigences

Les condensateurs doivent être examinés visuellement. Il ne doit y avoir aucun dommage visible.

Les condensateurs doivent être mesurés et doivent satisfaire aux exigences suivantes:

Si la valeur de capacité est inférieure ou égale à la valeur minimale autorisée, alors après avoir effectué les autres mesures, le condensateur doit être préconditionné conformément à 4.1 et donc l'exigence figurant dans le Tableau 15 doit être satisfaite.

Tableau 15 – Contrôle final, mesures et exigences

Mesure	Conditions de mesure	Exigences			
		Sous-classes 2B et 2C	Sous-classes 2D et 2R	Sous-classes 2E	Sous-classes 2F
Capacité	4.5.1	$\Delta C/C \leq \pm 10 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 30 \%$
Tangente de l'angle de perte	4.5.2	$\leq 2 \times$ valeur de 4.5.2			
Résistance d'isolement	4.5.3	$R_i \geq 1\,000\text{ M}\Omega$ ou $R_i \times C_N \geq 25\text{ s}$ (selon celle des deux valeurs qui est la plus faible)			
NOTE Voir en 2.2.5 l'explication des codes de sous-classes.					

4.13 Chaleur humide, essai continu

Voir 4.22 de la CEI 60384-1, avec les précisions suivantes:

Les condensateurs doivent être montés selon 4.3.

4.13.1 Préconditionnement particulier

Voir 4.1.

4.13.2 Mesures initiales

La capacité doit être mesurée selon 4.5.1.

4.13.3 Conditions d'essai

Sauf spécification contraire dans la spécification particulière, aucune tension ne doit être appliquée.

Il convient de choisir les sévérités d'essai à partir des conditions d'essai indiquées dans le Tableau 16 et de les spécifier dans la spécification particulière.

Il convient d'en choisir la durée conformément à 2.1.1 et elle doit être spécifiée dans la spécification particulière.

Tableau 16 – Conditions d'essai continu de chaleur humide

Sévérités	Température °C	Humidité relative %
1	+85 ± 2	85 ± 3
2	+60 ± 2	93 ± 3
3	+40 ± 2	93 ± 3

Lorsque l'application de tension est prescrite, U_R doit être appliquée à une moitié du lot et aucune tension ne doit être appliquée à l'autre moitié du lot.

Dans les 15 min qui suivent le retrait de l'essai de chaleur humide, l'essai de tenue en tension doit être effectué conformément à 4.5.4, mais en appliquant la tension assignée.

NOTE Pour des raisons de sécurité, différentes conditions pour l'application de tension aux condensateurs de tensions assignées de 1 kV et supérieures peuvent être fournies dans la spécification particulière.

4.13.4 Reprise

La reprise des condensateurs doit durer $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$.

4.13.5 Contrôle final, mesures et exigences

Les condensateurs doivent être examinés visuellement. Il ne doit y avoir aucun dommage visible.

Les condensateurs doivent être mesurés et doivent satisfaire aux exigences suivantes:

Si la valeur de capacité est inférieure ou égale à la valeur minimale autorisée, alors après avoir effectué les autres mesures, les condensateurs doivent être préconditionnés conformément à 4.1 et donc l'exigence figurant dans le Tableau 17 doit être satisfaite.

Tableau 17 – Contrôle final, mesures et exigences

Mesure	Conditions de mesure	Exigences			
		Sous-classes 2B et 2C	Sous-classes 2D et 2R	Sous-classes 2E	Sous-classes 2F
Capacité	4.5.1	$\Delta C/C \leq \pm 10 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 30 \%$
Tangente de l'angle de perte	4.5.2	$\leq 2 \times$ valeur de 4.5.2			
Résistance d'isolement	4.5.3	$R_I \geq 1\,000\text{ M}\Omega$ ou $R_I \times C_N \geq 25\text{ s}$ (selon celle des deux valeurs qui est la plus faible)			
NOTE Voir en 2.2.5 l'explication des codes de sous-classes.					

4.14 Endurance

Voir 4.23 de la CEI 60384-1, avec les précisions suivantes:

Les condensateurs doivent être montés selon 4.3.

4.14.1 Préconditionnement particulier

Voir 4.1.

4.14.2 Mesures initiales

La capacité doit être mesurée selon 4.5.1.

4.14.3 Conditions d'essai

Les condensateurs doivent être soumis à l'essai comme suit.

Si la tension de catégorie est égale à la tension assignée, les condensateurs doivent être soumis à l'essai conformément au Tableau 18.

Tableau 18 – Conditions d'essai d'endurance ($U_C = U_R$)

U_R (V)	$U_R \leq 200$	$200 < U_R \leq 500$	$U_R > 500$
Température	Température maximale de catégorie		
Tension (c.c.)	$1,5 U_R$	$1,3 U_R$	$1,2 U_R$
Durée	1 000 h	1 500 h	2 000 h

Si la tension de catégorie n'est pas égale à la tension assignée, les condensateurs doivent être soumis à l'essai conformément au Tableau 19.

Tableau 19 – Conditions d'essai d'endurance ($U_C \neq U_R$)

U_R	$U_R \leq 200$		$200 < U_R \leq 500$		$U_R > 500$	
Température	T_R	T_B	T_R	T_B	T_R	T_B
Tension (c.c.)	1,5 U_R	1,5 U_C	1,3 U_R	1,3 U_C	1,2 U_R	1,2 U_C
Durée	1 000 h		1 500 h		2 000 h	
Echantillon	Divisé en deux parties		Divisé en deux parties		Divisé en deux parties	
T_R = Température assignée. T_B = Températures maximales de catégorie >85 °C, telles que 100 °C.						

4.14.4 Reprise

La reprise des condensateurs doit durer $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$.

4.14.5 Contrôle final, mesures et exigences

Les condensateurs doivent être examinés visuellement. Il ne doit y avoir aucun dommage visible.

Les condensateurs doivent être mesurés et doivent satisfaire aux exigences suivantes:

Si la valeur de capacité est inférieure ou égale à la valeur minimale autorisée, alors après avoir effectué les autres mesures, le condensateur doit être préconditionné conformément à 4.1 et donc l'exigence figurant dans le Tableau 20 doit être satisfaite.

Tableau 20 – Contrôle final, mesures et exigences de l'essai d'endurance

Mesure	Conditions de mesure	Exigences			
		Sous-classes 2B et 2C	Sous-classes 2D et 2R	Sous-classes 2E	Sous-classes 2F
Capacité	4.5.1	$\Delta C/C \leq \pm 10 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 15 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 20 \%$	$\Delta C/C \leq \pm 30 \%$
Tangente de l'angle de perte	4.5.2	$\leq 2 \times$ valeur de 4.5.2			
Résistance d'isolement	4.5.3	$R_i \geq 2\,000\text{ M}\Omega$ or $R_i \times C_N \geq 50\text{ s}$ (selon celle des deux valeurs qui est la plus faible)			
NOTE Voir en 2.2.5 l'explication des codes de sous-classes.					

4.15 Robustesse des sorties (uniquement pour les condensateurs munis de sortie à lamelle)

Voir 4.13 de la CEI 60384-1, avec les précisions qui suivent.

4.15.1 Conditions d'essais

Sauf spécification contraire dans la spécification particulière, les conditions des essais sont les suivantes:

- Essai U_{a1} : force: 2,5 N;
- Essai U_b , Méthode 1: force: 2,5 N;
- nombre de courbures: 1.

4.15.2 Contrôle final et exigences

Les condensateurs doivent être examinés visuellement. Il ne doit y avoir aucun dommage visible.

4.16 Résistance du composant au solvant (si exigée)

Voir 4.31 de la CEI 60384-1.

4.17 Résistance au solvant du marquage (si exigée)

Voir 4.32 de la CEI 60384-1.

4.18 Chaleur humide, essai accéléré, continu (si exigé)

Voir 4.37 de la CEI 60384-1, avec les précisions suivantes:

Les condensateurs doivent être montés selon 4.3.

La moitié des condensateurs doit être connectée en série avec des résistances de $100\text{ k}\Omega \pm 10 \%$ et l'autre moitié en série avec des résistances de $6,8\text{ k}\Omega \pm 10 \%$.

4.18.1 Mesures initiales

La résistance d'isolement des condensateurs doit être mesurée avec une tension de $1,5\text{ V} \pm 0,1\text{ V}$ appliquée aux bornes du condensateur et de la résistance en série.

La résistance d'isolement, comprenant la résistance en série, doit satisfaire aux exigences du Tableau 21.

Tableau 21 – Exigences initiales

Mesure	Conditions de mesure	Exigences	
Résistance d'isolement	$(1,5 \pm 0,1) \text{ V}$	Connecté à des résistances de 100 k Ω	$C_N \leq 25 \text{ nF}$: $R_i \geq 4\,000 \text{ M}\Omega$ ou $C_N > 25 \text{ nF}$: $(R_i - 100 \text{ k}\Omega) \times C_R \geq 100 \text{ s}$
		Connecté à des résistances de 6,8 k Ω	$C_N \leq 25 \text{ nF}$: $R_i \geq 4\,000 \text{ M}\Omega$ $C_N > 25 \text{ nF}$: $(R_i - 6,8 \text{ k}\Omega) \times C_R \geq 100 \text{ s}$

4.18.2 Conditionnement

Les condensateurs avec résistances associées doivent être soumis au conditionnement à $(85 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(85 \pm 3) \%$ d'humidité relative pour une durée d'essai figurant dans le Tableau 22. Ces condensateurs connectés à des résistances de 100 k Ω et ceux connectés à des résistances de 6,8 k Ω doivent être appliqués à une tension indiquée dans le Tableau 22. Dans les deux cas, la tension doit être appliquée à la combinaison condensateur/résistance.

Des précautions doivent être prises pour éviter la condensation d'eau sur les condensateurs ou sur les substrats. Ceci peut apparaître en cas d'ouverture de la porte pendant l'essai avant d'avoir diminué le taux d'humidité.

Tableau 22 – Conditionnement

Résistances connectées k Ω	Tension appliquée	Durée
100	$(1,5 \pm 0,1) \text{ V}$ ou la tension spécifiée dans la spécification particulière	168 h, 500 h ou 1 000 h; selon ce qu'indique la spécification particulière
6,8	$(50 \pm 0,1) \text{ V}$ or U_R , selon celle des deux valeurs qui est la plus faible appliquée, ou la tension spécifiée dans la spécification particulière	

4.18.3 Reprise

La tension appliquée doit être coupée et les condensateurs et résistances doivent être retirés de l'enceinte d'essai pour permettre une reprise pendant 22 h à 26 h respectivement, dans les conditions atmosphériques normales d'essai.

4.18.4 Mesures finales

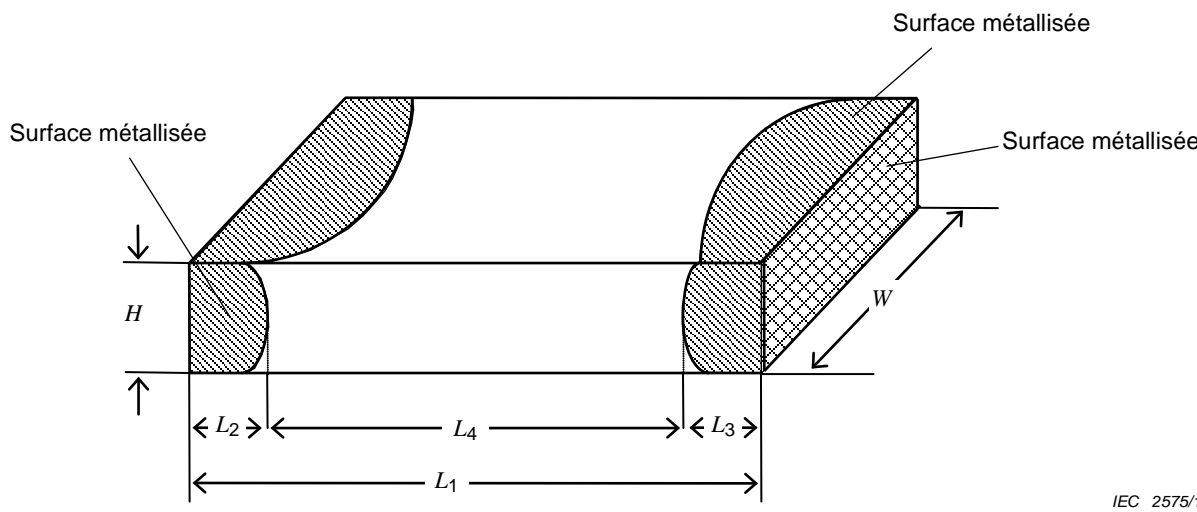
La résistance d'isolement des condensateurs doit être mesurée, comme en 4.18.1.

La résistance d'isolement, comprenant la résistance en série, doit être supérieure à 0,1 fois les valeurs fournies en 4.18.1.

Annexe A
(normative)

**Lignes directrices pour la spécification et le code des dimensions
des condensateurs multicouches fixes à diélectriques en céramique
pour montage en surface, Classe 2**

Il convient de prendre en considération les principes indiqués à la Figure A.1 pour le dimensionnement des condensateurs pour montage en surface. Les valeurs sont indiquées au Tableau A.1.



Il convient que la dimension W ne soit pas supérieure à la dimension L_1 .
Il convient que la dimension H ne soit pas supérieure à la dimension W .
Si nécessaire, il convient de spécifier l'épaisseur de l'étamage.

Figure A.1 – Dimensions

Tableau A.1 – Dimensions

Code	Longueur (L_1)	Largeur (W)	L_2 ; L_3 Minimum	L_4 Minimum
0402M	$0,4 \pm 0,02$	$0,2 \pm 0,02$	0,05	0,1
0603M	$0,6 \pm 0,03$	$0,3 \pm 0,03$	0,1	0,2
1005M	$1,0 \pm 0,05$	$0,5 \pm 0,05$	0,1	0,3
1608M	$1,6 \pm 0,1$	$0,8 \pm 0,1$	0,2	0,5
2012M	$2,0 \pm 0,1$	$1,25 \pm 0,1$	0,2	0,7
3216M	$3,2 \pm 0,2$	$1,6 \pm 0,15$	0,3	1,4
3225M	$3,2 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,2$	0,3	1,4
4532M	$4,5 \pm 0,3$	$3,2 \pm 0,2$	0,3	2,0
5750M	$5,7 \pm 0,4$	$5,0 \pm 0,4$	0,3	2,5
NOTE Dimensions en millimètres.				

D'autres tailles et dimensions de boîtier peuvent être spécifiées dans la spécification particulière.

Annexe B (informative)

Vieillissement en capacité des condensateurs fixes à diélectrique en céramique, Classe 2

B.1 Généralités

La plupart des diélectriques de Classe 2, utilisés pour les condensateurs en céramique sont dotés de propriétés ferroélectriques, et présentent une température de Curie.

Au-dessus de cette température, le diélectrique possède une structure cristalline cubique hautement symétrique, tandis qu'au-dessous de la température de Curie la structure cristalline est moins symétrique. Bien que dans les monocristaux cette transition de phase soit très marquée, dans les céramiques en général, elle s'étend souvent sur une plage de température finie, mais dans tous les cas elle est liée à une crête de la courbe de capacité/température.

Sous l'influence de vibrations thermiques, les ions du réseau cristallin continuent à se mouvoir aux positions d'énergie potentielle inférieure longtemps après le refroidissement du diélectrique en passant à travers le point de Curie. Ceci donne lieu au phénomène de vieillissement de capacité, au cours duquel le condensateur voit sa capacité diminuer en continu.

Toutefois, si le condensateur est chauffé à une température supérieure au point de Curie, alors la régénération a lieu; c'est-à-dire que la capacité perdue du fait du vieillissement est récupérée, et le vieillissement reprend à partir du moment où le condensateur refroidit.

B.2 Loi du vieillissement de capacité

Au cours de la première heure après le refroidissement en passant par le point de Curie, la perte de capacité n'est pas bien définie, mais après cette période, elle suit une loi logarithmique (voir K.W. Plesener, Proc. Phys. Soc., vol. 69B, P1261, 1956) qui peut être exprimée en termes de constante de vieillissement.

La constante de vieillissement k est définie comme la perte de capacité en pourcentage liée au processus de vieillissement du diélectrique qui se produit pendant une "décade", à savoir un temps au cours duquel l'âge du condensateur augmente de dix fois, par exemple, de 1 h à 10 h.

Sachant que la loi de réduction de capacité est logarithmique, la perte de capacité en pourcentage sera égale à $2 \times k$ entre 1 h et 100 h d'âge et $3 \times k$ entre 1 h et 1 000 h. Ceci peut être exprimé mathématiquement par l'équation suivante:

$$C_t = C_1 \left(1 - \frac{k}{100} \times \lg t \right)$$

où

C_t est la capacité t h après le début du processus de vieillissement;

C_1 est la capacité 1 h après le début du processus de vieillissement;

k est la constante de vieillissement en pourcentage par décade (comme défini ci-dessus);

t est le temps exprimé en h après le début du processus de vieillissement.

La constante de vieillissement peut être déclarée par le fabricant pour un diélectrique en céramique particulier ou elle peut être définie par la régénération du condensateur et la mesure de la capacité aux deux temps connus ci-après.

k est alors donnée par l'équation suivante:

$$k = \frac{100 \times (C_{t_1} - C_{t_2})}{C_{t_1} \times \lg t_2 - C_{t_2} \times \lg t_1}$$

Si les mesures de capacité sont effectuées deux ou trois fois, il est alors possible de déduire k de la pente d'un graphique où C_t est tracée par rapport à $\lg t$.

Il est également possible de tracer $\log C$ par rapport à $\lg t$.

Pendant les mesures de vieillissement, il convient de maintenir le condensateur à température constante de telle sorte que les variations de capacité du fait de la caractéristique de température ne masquent pas celles dues au vieillissement.

B.3 Mesures de capacité et tolérance de capacité

Du fait du vieillissement, il est nécessaire de spécifier un âge de référence auquel la capacité doit se situer dans la tolérance prescrite. Il doit être fixé à 1 000 h, étant donné qu'en pratique il y a peu de perte de capacité supplémentaire à l'issue de ce temps.

Afin de calculer la capacité $C_{1\,000}$ après 1 000 h, la constante de vieillissement doit être connue ou déterminée telle qu'à l'Article B.2, lorsque la formule suivante peut être utilisée:

$$C_{1\,000} = C_t \left[1 - \frac{k}{100} (3 - \lg t) \right]$$

Pour les mesures en usine, la perte de capacité entre l'âge au moment de la mesure et 1 000 h d'âge sera connue et peut être compensée en utilisant des tolérances de contrôle asymétriques.

Par exemple, si la perte de capacité est connue comme étant égale à 5 %, les condensateurs peuvent alors être contrôlés dans les limites de +25/-15 % au lieu de 20 %.

La capacité est normalement déclarée à 20 °C, et il peut être nécessaire d'effectuer la mesure à cette température ou de corriger les résultats à cette température. Des erreurs peuvent également résulter de la chaleur des mains, et il convient de ce fait de toujours manipuler les condensateurs à l'aide de pincettes.

B.4 Préconditionnement particulier (voir 4.1)

Dans de nombreux essais de cette norme, il est exigé de mesurer la variation de capacité qui résulte d'un conditionnement donné (par exemple, séquence climatique). Afin d'éviter l'effet perturbateur du vieillissement, le condensateur est spécialement preconditionné avant ces essais en le maintenant pendant 1 h à la température maximale de catégorie suivie par une période de 24 h aux conditions atmosphériques normales d'essai.

Pour les condensateurs dont le point de Curie se situe au-dessous de la température maximale de catégorie, ceci donne lieu à une régénération et le conditionnement est aussi organisé si possible, en vue de conduire les condensateurs jusqu'à un âge de 24 h, de manière à ce que les variations de capacité du fait du vieillissement soient minimisées.

Si le point de Curie du diélectrique se situe au-dessus de la température maximale de catégorie, alors le préconditionnement particulier ne régénérera pas complètement le condensateur, mais il l'amènera néanmoins dans un état dans lequel sa capacité n'est pas autant dépendante de son historique antérieur, et le même effet sera obtenu, malgré une régénération complète. Afin de régénérer complètement de tels condensateurs, une température pouvant atteindre 160 °C peut être exigée, et cette température est susceptible d'être nuisible à l'encapsulation. Par conséquent, dans les quelques cas où une régénération complète de ces condensateurs peut être exigée, on doit rechercher dans la spécification particulière des précisions et toutes précautions qu'il est nécessaire de prendre.

Annexe C (informative)

Caractéristiques de température de capacité pour la température de référence de 25 °C

Les caractéristiques de température de capacité pour la température de référence de 25 °C ont souvent été utilisées du fait de nécessités commerciales et de la performance réelle qui leur sont propres. Ces caractéristiques de température et ce code figurent au Tableau C.1 et les conditions détaillées des caractéristiques de température de capacité sont présentes au Tableau C.2.

**Tableau C.1 – Caractéristiques de température de capacité
pour la température de référence de 25 °C**

Code de caractéristiques de température de capacité	Variation maximale de capacité %	Plage de températures °C
X5R	± 15	–55 à +85
X7R	± 15	–55 à +125
X8R	± 15	–55 à +150
X6S	± 22	–55 à +105
X7S	± 22	–55 à +125
Y5V	–82 à +22	–30 à +85

**Tableau C.2 – Conditions de mesure de la caractéristique en température
de capacité pour la température de référence de 25 °C**

Etape de mesure	Température °C
1	25 ± 2
2	$T_A^a \pm 3$
3	25 ± 2
4	$T_B^b \pm 2$
5	25 ± 2
NOTE 1 Les mesures peuvent être effectuées à des températures intermédiaires permettant de garantir que les exigences du Tableau C.1 sont satisfaites.	
NOTE 2 La capacité de référence est la capacité mesurée à l'Etape 3.	
^a T_A = Température minimale de catégorie.	
^b T_B = Température maximale de catégorie.	

Bibliographie

CEI 60384-14, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 14: Sectional specification: Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains* (disponible en anglais seulement)

CEI 60384-22-1, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 22-1: Blank detail specification: Fixed surface mount multilayer capacitors of ceramic dielectric, Class 2 – Assessment level EZ* (disponible en anglais seulement)

K.W. Plessner: *Ageing of the Dielectric Properties of Barium Titanate Ceramics*, Proceedings of the Physical Society, Section B, Volume 69, Issue 12, pp. 1261 to 1268 (1956)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch