

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Organic light emitting diode (OLED) displays –
Part 5-2: Mechanical endurance testing methods**

**Afficheurs à diodes électroluminescentes organiques (OLED) –
Partie 5-2: Méthodes d'essais d'endurance mécanique**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 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 Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

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.

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Organic light emitting diode (OLED) displays –
Part 5-2: Mechanical endurance testing methods**

**Afficheurs à diodes électroluminescentes organiques (OLED) –
Partie 5-2: Méthodes d'essais d'endurance mécanique**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

U

ICS 31.260

ISBN 978-2-8322-0964-6

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 Abbreviations	7
5 Standard atmospheric conditions	7
6 Evaluations	7
6.1 Visual examination and verification of dimensions	7
6.2 Reporting	8
7 Mechanical endurance test methods.....	8
7.1 General.....	8
7.2 Vibration (sinusoidal).....	8
7.2.1 General	8
7.2.2 Purpose.....	8
7.2.3 Test apparatus	8
7.2.4 Test procedure	8
7.2.5 Evaluation	11
7.3 Shock.....	11
7.3.1 General	11
7.3.2 Purpose.....	11
7.3.3 Test apparatus	11
7.3.4 Test procedure	11
7.3.5 Evaluation	12
7.4 Quasistatic strength	12
7.4.1 General	12
7.4.2 Purpose.....	12
7.4.3 Specimen	13
7.4.4 Test apparatus	13
7.4.5 Test procedure	13
7.4.6 Evaluation	14
7.5 Four-point bending test	14
7.5.1 General	14
7.5.2 Purpose.....	14
7.5.3 Specimen	14
7.5.4 Test apparatus	15
7.5.5 Test procedure	15
7.5.6 Post-testing analysis	16
7.5.7 Evaluation	17
7.6 Transportation drop test	17
7.6.1 General	17
7.6.2 Purpose.....	17
7.6.3 Test sample.....	17
7.6.4 Test procedure	17
7.6.5 Evaluation	18
7.7 Peel strength test	18
7.7.1 Purpose.....	18

7.7.2 Test procedure	18
7.7.3 Evaluation	19
Annex A (informative) Example of the raw test data reduction for four-point bending test	20
Bibliography	28
Figure 1 – Configuration of OLED shock test set-up	11
Figure 2 – Schematic of quasistatic strength measurement apparatus example	13
Figure 3 – Schematics of test apparatus and pinned bearing edges	15
Figure 4 – Specimen configuration under four-point bending test	15
Figure 5 – Order of transportation package drop	18
Figure 6 – Example of peeling strength test	19
Figure A.1 – Specimen dimensions used for sample test	20
Figure A.3 – Finite element model of test specimen	22
Figure A.4 – Displacement contour map after moving down loading-bar by 2 mm	23
Figure A.5 – Contour map of maximum principal stress distribution	23
Figure A.6 – Maximum principal stress and maximum stress along the edge	24
Figure A.7 – Final relationship between panel strength and failure load	24
Figure A.8 – Extraction of conversion factor by linear fitting	25
Figure A.9 – Example of Weibull distribution of strength data and statistical outputs	27
Figure A.10 – Fitted failure probability distribution of strength data	27
Table 1 – Frequency range – Lower end	9
Table 2 – Frequency range – Upper end	9
Table 3 – Recommended frequency ranges	10
Table 4 – Recommended vibration amplitudes	10
Table 5 – Conditions for shock test	12
Table 6 – Examples of test parameter combinations	16
Table 7 – Example of package drop sequence	18
Table A.1 – Results of raw test data	21
Table A.2 – Example of conversion factor ($t = 0,4$ mm, test span = 20 mm/40 mm)	25
Table A.3 – Failure load and converted strength data	26

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ORGANIC LIGHT EMITTING DIODE (OLED) DISPLAYS –

Part 5-2: Mechanical endurance testing methods

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 62341-5-2 has been prepared by IEC technical committee 110: Electronic display devices.

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

FDIS	Report on voting
110/472/FDIS	110/486/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.

A list of all parts in the IEC 62341 series, published under the general title *Organic light emitting diode (OLED) displays*, can be found on the IEC website.

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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

ORGANIC LIGHT EMITTING DIODE (OLED) DISPLAYS –

Part 5-2: Mechanical endurance testing methods

1 Scope

This part of IEC 62341 defines testing methods for evaluating mechanical endurance quality of Organic Light Emitting Diode (OLED) display panels and modules or their packaged form for transportation. It takes into account, wherever possible, the environmental testing methods outlined in specific parts of IEC 60068. The object of this standard is to establish uniform preferred test methods for judging the mechanical endurance properties of OLED display devices.

There are generally two categories of mechanical endurance tests: those relating to the product usage environment and those relating to the transportation environment in packaged form. Vibration, shock, quasistatic strength, four-point bending test and peel strength test are introduced here for usage environment, while transportation drop test is applicable to the transportation environment. Mechanical endurance tests may also be categorized into mobile application, notebook computer or monitor application and large size TV application. Special considerations or limitations of test methods according to the size or application of the specimen will be noted.

NOTE This standard is established separately from IEC 61747-5-3, because the technology of organic light emitting diodes is considerably different from that of liquid crystal devices in such matters as:

- used materials and structure;
- operation principles;
- measuring methods.

2 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 60068-2-6:2007, *Environmental testing – Part 2-6: Tests–Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-27:2008, *Environmental testing – Part 2-27: Tests–Test Ea and guidance: Shock*

IEC 61747-5:1998, *Liquid crystal and solid-state display devices – Part 5: Environmental, endurance and mechanical test methods*

IEC 61747-5-3:2009, *Liquid crystal display devices – Part 5-3: Environmental, endurance and mechanical test methods – Glass strength and reliability*

IEC 62341-1-2:2007, *Organic light emitting diode displays – Part 1-2: Terminology and letter symbols*

IEC 62341-5:2009, *Organic light emitting diode (OLED) displays – Part 5: Environmental testing methods*

IEC 62341-6-1:2009, *Organic light emitting diode (OLED) displays – Part 6-1: Measuring methods of optical and electro-optical parameters*

IEC 62341-6-2:2012, *Organic light emitting diode (OLED) displays – Part 6-2: Measuring methods of visual quality and ambient performance*

ISO 2206:1987, *Packaging – Complete, filled transport packages – Identification of parts when testing*

ISO 2248:1985, *Packaging – Complete, filled transport packages – Vertical impact test by dropping*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62341-1-2 and the following apply.

3.1 strength

stress at which a sample fails for a given loading condition

3.2 glass edge strength

measured stress at failure where the failure origin is known to have occurred at an edge

4 Abbreviations

FEA	finite element analysis
FPCB	flexible printed circuit board
B ₁₀	the value at lower 10 % position in the Weibull distribution [1] ¹
TSP	touch screen panel

5 Standard atmospheric conditions

The standard atmospheric conditions in IEC 62341-5:2009, 5.3, shall apply unless otherwise specifically agreed between customer and supplier.

6 Evaluations

6.1 Visual examination and verification of dimensions

The specimen shall be submitted to the visual, dimensional checks in non-operation condition and functional checks in operational condition prescribed by the following specification.

- Visual checks of damage to exterior body of the specimen including marking, encapsulation and terminals shall be examined as specified in IEC 61747-5:1998, 1.5.
- Dimensions given in the customer's specification shall be verified.
- Visual and optical performance shall be checked as specified in IEC 62341-6-1.

Unless otherwise specified, visual inspection shall be performed under the conditions and methods as specified in IEC 62341-6-2:2012, 6.2.

¹ Numbers in square brackets refer to the bibliography.

6.2 Reporting

For the main results in each test, generally the minimum and averaged values or B_{10} value instead of minimum value shall be reported over the number of specimens depending on the test purposes. The relevant specification shall provide the criteria upon which the acceptance or rejection of the specimen is to be based.

7 Mechanical endurance test methods

7.1 General

Choice of the appropriate tests depends on the type of devices. The relevant specification shall state which tests are applicable.

7.2 Vibration (sinusoidal)

7.2.1 General

Test Fc, specified in IEC 60068-2-6 and IEC 61747-5:1998, 2.3, are applicable with the following specific conditions. In case of contradiction between these standards, IEC 61747-5:1998, 2.3, shall govern.

7.2.2 Purpose

The purpose of this test is to investigate the behaviour of the specimen in a vibration environment such as transportation or in actual use.

7.2.3 Test apparatus

The equipment shall be capable of maintaining the test conditions specified in 7.2.4. The vibration testing table should not resonate within the test condition vibration frequency range. The required characteristics apply to the complete vibration system, which includes the power amplifier, vibrator, test fixture, specimen and control system when loaded for testing. The body of the device shall be securely clamped during the test. If the device has a specified method of installation, it shall be used to clamp the device. The specimen shall be tested under the non-operational condition.

7.2.4 Test procedure

7.2.4.1 Test conditions

7.2.4.1.1 Basic motion

The basic motion shall be a sinusoidal function of time and such that the fixing points of the specimen move substantially in phase and in straight parallel lines.

7.2.4.1.2 Spurious motion

The maximum amplitude of spurious transverse motion at the check points in any perpendicular to the specified axis shall not exceed 25 %. In the case of large size or high mass specimens, the occurrence of spurious rotational motion of the vibration table may be important. If so, the relevant specification shall prescribe a tolerance level.

7.2.4.1.3 Signal tolerance

Unless otherwise stated in the relevant specification, acceleration signal tolerance measurements shall be performed and signal tolerance shall not exceed 5 %.

7.2.4.1.4 Vibration amplitude tolerance

Reference point: $\pm 15\%$;

Check point: $\pm 25\%$.

7.2.4.1.5 Frequency tolerances**7.2.4.1.5.1 Endurance by sweeping**

± 1 Hz from 5 Hz to 50 Hz;

$\pm 2\%$ above 50 Hz.

7.2.4.1.5.2 Endurance at critical frequencies

$\pm 2\%$.

7.2.4.2 Severities**7.2.4.2.1 General**

A vibration severity is defined by the combination of the three parameters: frequency range, vibration amplitude and duration of endurance (in sweep cycles or time).

7.2.4.2.2 Frequency range

The frequency range shall be given in the relevant specification by selecting a lower frequency from Table 1 and an upper frequency from Table 2.

Table 1 – Frequency range – Lower end

Lower frequency f_1
Hz
5
10
20

Table 2 – Frequency range – Upper end

Upper frequency f_2
Hz
55
100
200
300
500

The recommended ranges are shown in Table 3.

Table 3 – Recommended frequency ranges

Recommended frequency ranges, from f_1 to f_2 Hz
5 to 100
5 to 200
5 to 500
10 to 55
10 to 200
10 to 300
10 to 500

7.2.4.2.3 Vibration Amplitude

The vibration amplitude shall be stated in the relevant specification. Recommended vibration amplitudes with cross-over frequency are shown in Table 4.

Table 4 – Recommended vibration amplitudes

Displacement amplitude below the cross-over frequency mm	Acceleration amplitude above the cross-over frequency	
	m/s^2	g_n
0,035	4,9	0,5
0,075	9,8	1,0
0,10	14,7	1,5
0,15	19,6	2,0
0,20	2,4	3,0
NOTE The values listed apply in Table 4 for cross-over frequencies between 57 Hz and 62 Hz.		

7.2.4.2.4 Duration of endurance

7.2.4.2.4.1 Endurance by sweeping

The duration of the endurance test in each axis shall be given as a number of sweep cycles chosen from the list given below.

1, 5, 10, 20, 30, 45, 60, 120

The sweeping shall be continuous and the frequency shall change exponentially with time. The endurance time associated with number of sweep cycles or sweep rate in octaves/minute shall be specified. During the vibration response investigation, the specimen and the vibration response data shall be examined in order to determine critical frequencies.

7.2.4.2.4.2 Endurance at critical frequencies

The duration of the endurance test in each axis at the critical frequencies found during the vibration response investigation shall be chosen from the list given below. This test shall be repeated for the number of critical frequencies as specified by the relevant specification.

10 min, 15 min, 30 min, 90 min.

7.2.5 Evaluation

After the test, visual, dimensional and functional checks shall be performed and compared as described in 6.1.

7.3 Shock

7.3.1 General

IEC 60068-2-27 and 61747-5:1998, 2.4, shall be applied with the following specific conditions. In case of contradiction between these standards, IEC 61747-5:1998, 2.4, shall govern.

7.3.2 Purpose

This test is to provide a standard procedure for determining the ability of an OLED panel or module to withstand specified severities of shock. During transportation or in use, an OLED panel or module may be subjected to conditions involving relatively non-repetitive shocks.

7.3.3 Test apparatus

The body of the specimen shall be securely clamped during the test in the test direction aligning with the z-axis of the test machine; for example, Figure 1 depicts shock test along the y'-direction of the specimen. If the device has a specified method of installation, it shall be used to clamp the device.

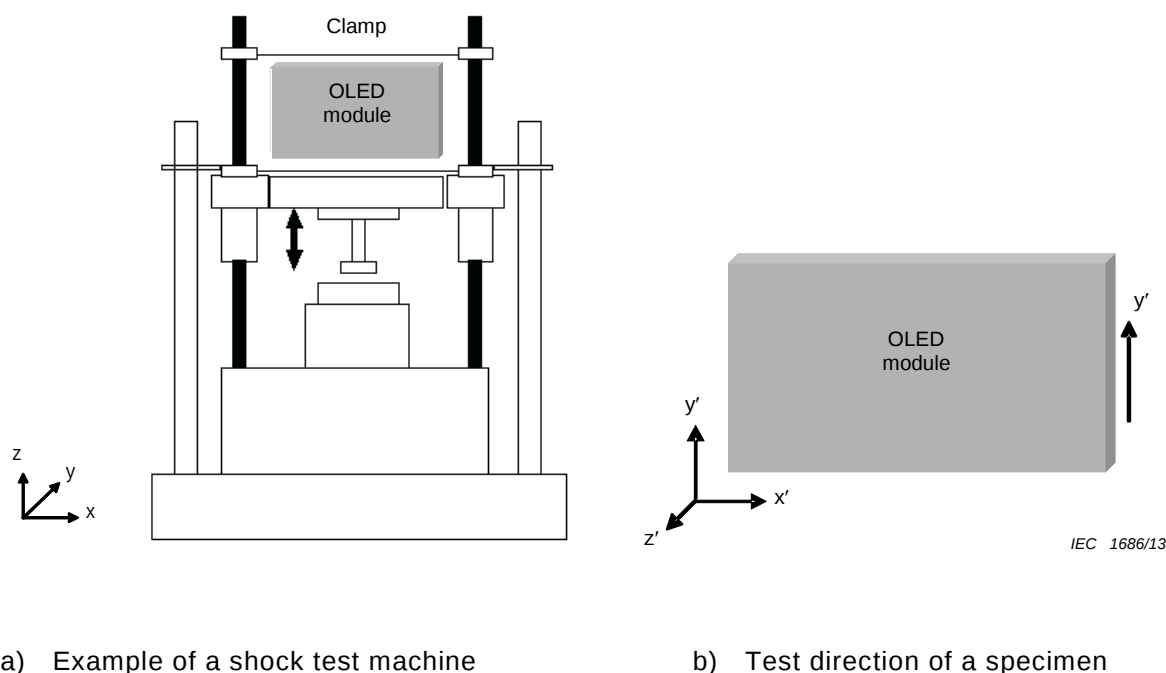


Figure 1 – Configuration of OLED shock test set-up

7.3.4 Test procedure

Test Ea, specified in IEC 60068-2-27, is applicable, with the following specific requirements. The conditions shall be selected from Table 5, taking into consideration the mass of the device and its internal construction.

Table 5 – Conditions for shock test

Peak amplitude A $\text{m/s}^2 (g_n)$	Corresponding duration D of the nominal pulse ms	Corresponding velocity change ΔV	
		Half-sine m/s	Trapezoidal m/s
50 (5)	30	1,0	-
150 (15)	11	1,0	1,5
<u>300 (30)</u>	<u>18</u>	<u>3,4</u>	<u>4,8</u>
300 (30)	11	2,1	2,9
300 (30)	6	1,1	1,6
<u>500 (50)</u>	<u>11</u>	<u>3,4</u>	<u>4,9</u>
500 (50)	3	0,9	1,3
1 000 (100)	11	6,9	9,7
<u>1 000 (100)</u>	<u>6</u>	<u>3,7</u>	<u>5,3</u>
2 000 (200)	6	7,5	10,6
2 000 (200)	3	3,7	5,3
5 000 (500)	1	3,1	-
10 000 (1 000)	1	6,2	-
NOTE Preferred values are underlined.			

The choice of waveform to be used depends on a number of factors, and difficulties inherent in making such a choice preclude a preferred order being given in the standard (see IEC 60068-2-27:2008, Clause A.3). The relevant specification shall state the waveform utilized.

Unless otherwise prescribed by the relevant specification, three successive shocks shall be applied in each direction of three mutually perpendicular axes of the specimen, for a total of 18 shocks. Depending on the number of identical devices available and the mounting arrangements, particularly in the case of components, they may be oriented such that the multiple axis/direction requirements of the relevant specification can be met by the application of three shocks in one direction only (see IEC 60068-2-27:2008, Clause A.7).

7.3.5 Evaluation

Visual, dimensional and functional checks shall be performed and compared as described in 6.1 to the relevant specification.

7.4 Quasistatic strength

7.4.1 General

IEC 61747-5-3:2009, 5.4, is applicable with the following specific conditions.

7.4.2 Purpose

The objective of this standard is to establish uniform requirements for accurate and reliable measurements of the quasistatic strength of OLED panels or modules. The quasistatic strength of OLED module may be specified to ensure the mechanical endurance level from the quasistatic external loadings in and around the display area in normal use, such as sitting on the product or touching/pushing fingertip in the display area.

7.4.3 Specimen

This standard applies to the OLED panels or modules for mobile and IT application. OLED module products incorporating additional components, e.g. TSP, protective film and window cover may be used as an acceptable form of the specimen. In all cases a minimum sample size of at least 6 panels or modules shall be used to obtain a statistically significant strength distribution representative of quasistatic resistance of the specimen to external loadings induced by handling, processing and fabrication of the specimen specified as a part of the end product.

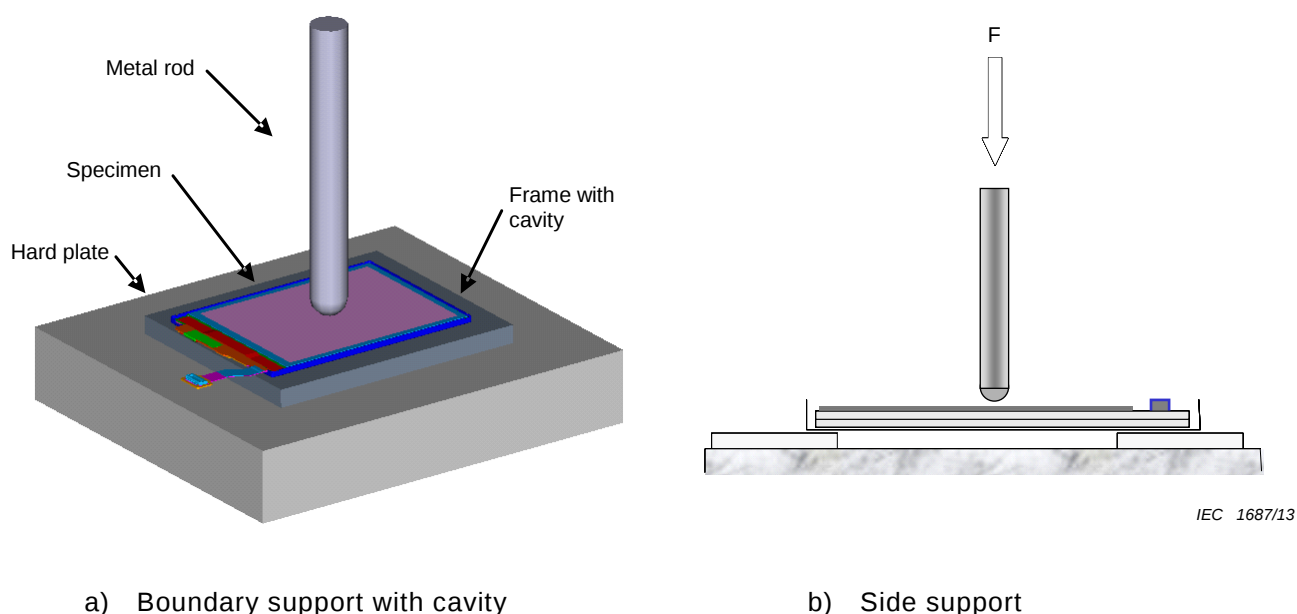


Figure 2 – Schematic of quasistatic strength measurement apparatus example

7.4.4 Test apparatus

The quasistatic strength of a specimen is measured by supporting the specimen on the mounting frame and loading it at the center as shown in Figure 2. The specimen shall be put on the frame with the rectangular cavity as shown in Figure 2a) or on side supports as shown in Figure 2b). The size of a rectangular cavity in the frame (Figure 2a)) shall be specified by the relevant specification and shall be as big as the edge of the supporting area allows. It is recommended to set the cavity to be around the active area size for mobile application. The tip of metal loading bar shall be rounded in shape and the diameter of the metal rod varies according to the specimen size under testing. It is recommended to use a metal rod of 10 mm in diameter for the samples up to 101,6 mm (4 inches) display diagonal length. For larger modules, such as for notebook computer or monitor applications, a rod of 19 mm diameter is recommended. The same apparatus may also be used for loading the OLED module off-center and obtaining its strength at different locations. For TV applications, this quasistatic strength test is generally not applicable.

7.4.5 Test procedure

7.4.5.1 General

The displacement rate should be slow enough so that there is no significant dynamic response from the loading such that the maximum strain rate upon specimen shall be of the order of $1,0 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ [3]. Typical loading rate or crosshead speed is 3 mm/min or 5 mm/min for small size displays such that failure may occur within the measurement time of 30 s to 45 s. Depending on the purpose of the test, the following test procedure may be applied.

7.4.5.2 Static loading resistance

For this test, a specified load is set to assess module resistance to external static load from the relevant specification. A specified load is set and load is applied on the surface of the specimen by lowering the metal rod as shown in Figure 2. After reaching the specified load, the rod is set to return back to starting position. Multiple loads may be applied in steps. The loading position of the specimen shall be the center of the active area of the display, but multiple loading positions including off-center position may also be applied depending on the area of interest.

7.4.5.3 Quasistatic failure load

In the continuation of the specified load test in 7.4.5.2, this test is intended to measure the failure load. The metal rod is lowered to push the surface of the specimen until the specimen breaks. The specimen is categorized as a failure when the applied load starts to drop by more than a designated portion, e.g. 2 % of the peak load value.

7.4.6 Evaluation

For the static load test, the relevant specification shall provide the specified load level upon which the acceptance or rejection of the resistance of specimen is to be based. For the failure load test in 7.4.5.3, the average, maximum and minimum values along with failure load of each test specimen are reported. It shall be noted in the test reporting about the specimen if it incorporates any additional component.

7.5 Four-point bending test

7.5.1 General

This standard is established separately from IEC 61747-5-3, where the characterization of glass component is particularly emphasized. Quasistatic strength of the edges of glass or simply flexural strength of OLED panels and the integrity of the panel structure are assessed in the four-point bending test configuration. Even though there is no limitation in use of four-point bending test on the size of display panel, this test is generally applicable for mobile applications, which is at most 101,6 mm in diagonal size.

7.5.2 Purpose

The four-point bending test is important since the result of this test can be used as an indicator of the mechanical endurance level when either panel sample or module sample is exposed to various mechanical loadings under hostile usage conditions, such as twisting a handset, etc. For the purpose of this test, glasses in OLED display panels are considered brittle and to have the property that fracture normally occurs at the surface of the glass from the maximum tensile stress. The failure strength of display module is determined when a weakest component in the specimen fails. Depending on the panel structure, the weakest link could be inferior edge of glass or other failure origins, such as disintegration of sealing material. The four-point bending test is recommended since it distributes the maximum tensile stress over a larger volume or area in comparison to the three-point bending test.

7.5.3 Specimen

The specimen is a display panel consisting of rear and front glasses. The test specimen may contain a polarizer; however, it is not necessary if the testing is done at production phase where the polarizers have not yet been placed. The use of polarizer or other low elastic modulus tape is permitted on the specimen surface to hold the cracked fragments and permit observation of crack origin. At least 10 specimens shall be used for the purpose of estimating the mean. A minimum of 20 specimens shall be necessary if estimates regarding the form of strength distribution are to be reported. Unless otherwise taken for specific purpose, the samples shall be taken from several sheets or regions of a single sheet from which the display panels are made. Any specimen may be rejected prior to testing for defects

considered likely to affect the quasistatic strength of the edges of glass. The variation in width or thickness shall not exceed 5 % over the length of the specimen equal to the support span.

7.5.4 Test apparatus

7.5.4.1 Testing machine

The testing machine consists of a test frame and a four-point bending test fixture. Figure 3 illustrates an example of four-point bending test fixture with an OLED panel specimen. The test frame consists of a vertical loading machine, which could be electromechanical, servo-hydraulic or pneumatic driven, a load cell mounted and controller software. It is assumed that the fixtures are relatively rigid and that most of the testing-machine crosshead travel is imposed as strain on the specimen. There are also several requirements for a four-point bending apparatus to be met in order to ensure reliable data with minimal variation [2].

7.5.4.2 Bearing cylinders

Cylindrical bearing edges shall be used for the support of the specimen and for the application of the load. The bearing cylinder radius shall be approximately 2 mm to 5 mm depending on the thickness of the specimen [3]. The cylinders shall be made of sufficiently hardened steel to prevent excessive deformation under load and free to roll in order to relieve frictional constraints. Moreover two loading bearings and one support bearing cylinder also shall be provided to rotate laterally to compensate for any irregular surface contact with specimen and to ensure uniform and even distribution of load between the two inner bearing edges. Figure 3 shows a suitable arrangement using pinned bearing assemblies.

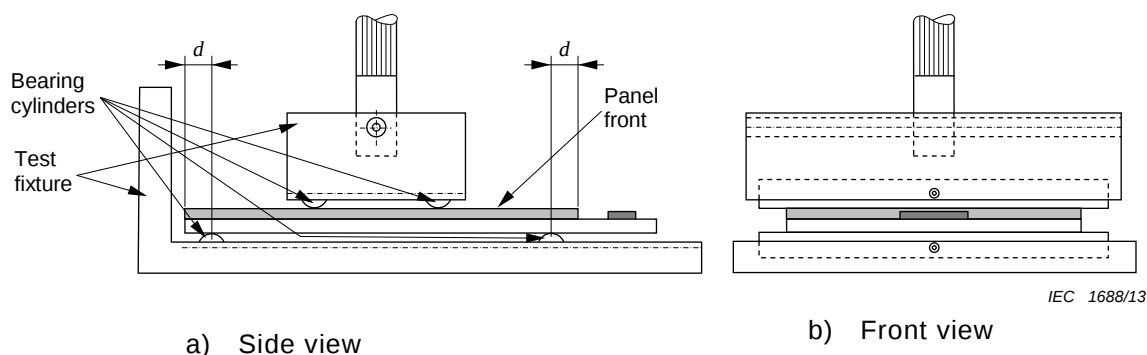


Figure 3 – Schematics of test apparatus and pinned bearing edges

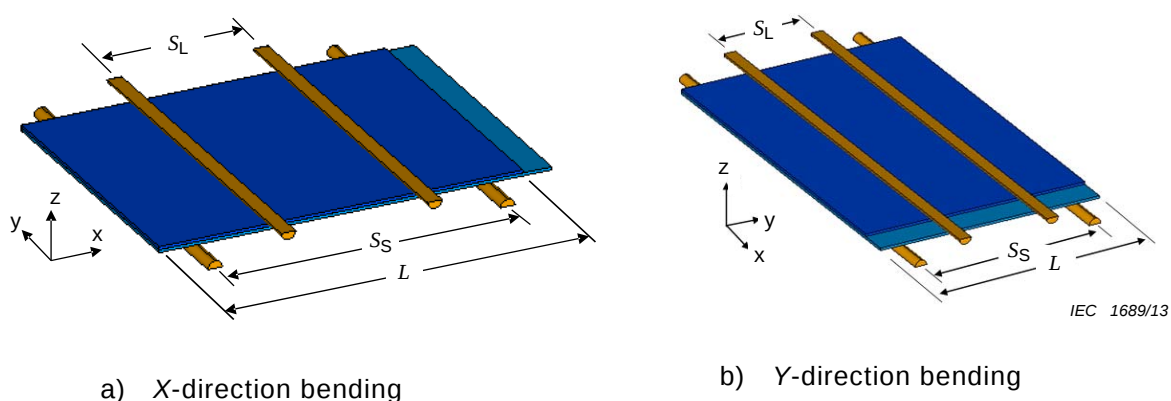


Figure 4 – Specimen configuration under four-point bending test

7.5.5 Test procedure

The specimen length, L is determined as the length of either the long side or short side of the front glass as described in Figure 4a) and Figure 4b), respectively. The amount of overhang of the specimen, d in Figure 3 shall be at least 2 mm beyond the outer bearings to allow the

specimen to slide over the support and to eliminate the effect of the specimen's end condition. Slowly apply the load at right angles to the fixture. The maximum permissible stress in the specimen due to initial load shall not exceed 25 % of the mean strength. In four-point bending test, a specimen is loaded at constant displacement rate until rupture. The displacement rate to be used depends on the chosen spans and it is chosen such that the time to complete one test cycle would be sufficiently long as described in 7.4.5.1 while times to failure for a typical specimen range from 30 s to 45 s. In Table 6 some examples of the combinations of test configurations and displacement rates are given.

Table 6 – Examples of test parameter combinations

L (mm)	S_S (mm)	S_L (mm)	Displacement rate (mm/min)
25	20	10	3
45	40	20	5
85	80	40	10

Specifically the span between the test jig and loading rollers needs to be adjusted for a different specimen size with a specified support span (S_S) and load span (S_L) to cover most part of panel edge under bending. On the other hand, to prevent the effect of bending area size on glass edge strength and to test under the same strength criteria regardless of the specimen sizes tested, a constant load span and support span may be specified. In any case, the load span shall be the half of the support span [3]. The bearing cylinders shall be carefully positioned such that the spans are accurate within $\pm 0,10$ mm.

7.5.6 Post-testing analysis

7.5.6.1 Breakage origin analysis

Since OLED panels may have different structures for various emission mechanisms and encapsulation schemes, potentially they may exhibit unique fracture mechanisms. And hence, fracture origin of a specimen under four-point bending test may be different. Therefore, it is required and important to ensure this four-point bending test method is valid for assessing the mechanical endurance in the area of interest. Frequently, break origin analysis through fractography is conducted to review the failure origin of the panel. Potential failure modes include inferior edge quality, or weak integrity of adhesion material, and/or other structure weaknesses.

7.5.6.2 Test result analysis

The mechanical testing unit used for four-point bending test reports failure load when a specimen under the test procedures described in this test method fails. It is very important to convert these failure load values into a standardized expression of failure stress, or strength in the test report. There will be an inherent statistical scatter in the results for finite sample sizes and Weibull statistical parameters can quantify this variability [1, 6]. There are a few ways of achieving the strength data. FEA simulation is often adopted to estimate the strength value, $\sigma_{\max}$ from the failure load, F and flexural stiffness. Usually for the given glass material data, a table of conversion factor B , such as $\sigma_{\max} = B \times F$ is constructed from a series of FEA simulation results ranging over the various sizes and thicknesses of the panel. Each test data can be directly converted to its corresponding strength data for the given size and thickness of the specimen by simply multiplying this conversion factor. If the size or thickness of the specimen does not match exactly with those of the table, the value shall be linearly interpolated from the conversion table. If the deformation before failure exceeds a few percent of the support span (S_S), FEA simulation with nonlinear theory shall be employed for accurate stress evaluation. A detailed example of test results analysis using FEA simulation is introduced in Annex A.

There may be a few more methods in extracting the strength data. One of the other methods is the direct use of strain measurements. In this method, several strain gages are bonded to the bottom surface of the specimen, where the maximum tensile stress is considered to occur. Because strength value is closely related to failure strain value, the strength value can be converted from the failure strain. It is considered that five or more samples for the strain gage measurements are used to calculate the averaged conversion factor between the applied load and strain measurements. Further tests for the remaining samples are allowed to convert failure loads to failure strain using the conversion factor. Another method would be the measurement by observation of fracture surface. The strength can be estimated from the crack origin and its corresponding mirror zone measurement [4, 5]. It shall be noted if a crack originates from the sealing material, the mirror zone measurement in the glass panel is irrelevant due to the residual stresses pre-existing from the sealing material. This method is often used in combination with breakage origin analysis to determine the main cause and effect of the failure.

7.5.7 Evaluation

In the form of test result reporting, the averaged or minimum strength values could be reported in the specification, but B_{10} strength after statistical test data fitting [1] is more recommended. The method of strength data extraction and items to be reported in the post-testing analysis are to be given in the relevant specification. The minimum or B_{10} strength, shape factor or standard deviations, mean strength value along with raw data of each specimen shall be reported. The relevant specification shall provide the criteria upon which the acceptance or rejection of the specimen is to be based.

7.6 Transportation drop test

7.6.1 General

ISO 2248 shall be applied with the following specific conditions.

7.6.2 Purpose

The objective of this standard is to specify a method for carrying out a vertical impact test by dropping a complete, filled transport product package.

7.6.3 Test sample

The test package shall normally be filled with OLED modules or panels mainly for mobile and notebook computer applications. If the number of test samples is insufficient to fill the package, dummy samples with no mechanical defect may be used. Ensure that the test package is closed normally, as if ready for distribution. The number of transport package for the test specimen is given in the relevant specification.

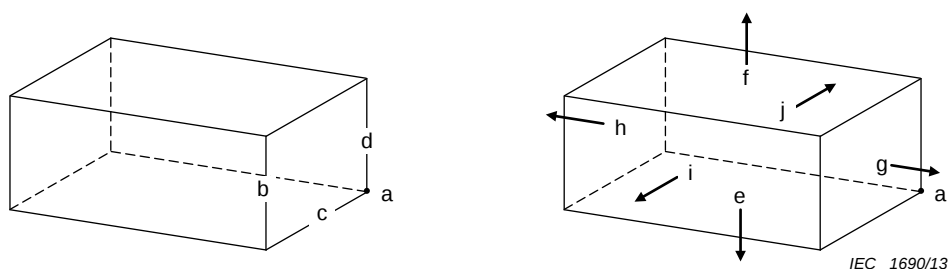
7.6.4 Test procedure

The test package is raised above a rigid plane surface and released to strike this surface after a free fall. The atmospheric conditions, the height of drop, and attitude of the package are predetermined. The predetermined attitude of the test package shall be expressed in one of the following ways to impact on a specimen as expressed in ISO 2248:1985, Clause 7 and Annex, using the method of identification given in ISO 2206. Impact on a face, impact on an edge, and impact on a corner are the basic drop attitude types to be chosen, and the multiple drops of one attitude type or combination of 2 or 3 attitude types are more realistic to check the mechanical endurance under various vertical impacts during shipping and handling processes.

The following order of drop attitude in Table 7 is an example of sequence of tests for a mobile OLED transport package.

Table 7 – Example of package drop sequence

Drop order	Description
corner a	Corner a on which drop is regarded to be the weakest.
sides b, c, d	Sides that are connected to corner a.
faces e, f, g, h, i, j	Face e is the bottom face when corner a, is positioned as shown in Figure 5. Faces f, g, h, i and j are top face, right-hand side face, left-hand side face, front face and rear face, respectively.



See Table 7.

Figure 5 – Order of transportation package drop

The tolerance of the height in the predetermined attitude is within $\pm 2\%$ of the predetermined drop height. For edge or corner drops, the angle between a predetermined surface and the horizontal surface shall not exceed $\pm 5^\circ$ or $\pm 10\%$ of the angle, whichever is the greater.

7.6.5 Evaluation

Visual, dimensional and functional checks shall be performed and be compared as described in 6.1 of this standard.

7.7 Peel strength test

7.7.1 Purpose

The purpose of this test is to measure the bonding strength or to determine compliance with specified bonding strength requirements. This test is intended to show the bonding strength of FPCB on OLED modules used for mobile applications. Peel strength is regarded as the bonding strength divided by the test span and can be used to compare specimens of various sizes.

7.7.2 Test procedure

After fixing the substrate in an OLED module, a FPCB specimen shall be pulled with a push-pull gauge or equivalent until it is completely removed from the device as shown in Figure 6. There may be various ways of clamping the FPCB specimen and preparation of the FPCB specimen for pulling. Due to the difficulty in gripping a FPCB of the full span, it may be necessary to cut out the remaining part of the FPCB for the proper test span after assembly. The recommended test span is 10 mm. The test span location of full FPCB span shall be specified as the left, center, right or any designated portion. The specimens shall be prepared with one test span position or combination of several test span positions. At least six samples shall be evaluated. The FPCB sample shall be tightly gripped and shall be pulled to failure as depicted in Figure 6. The bonding strength is a maximum value indicated by the gauge. In all cases, whether the specimen is pulled over the full FPCB span or part of the span, the peel strength is regarded as the gauge value divided by the test span. It shall be noted that the

direction of pull and bonded device are to be kept perpendicular during the test. The pull speed should be sufficiently low as described in 7.4.5.1.

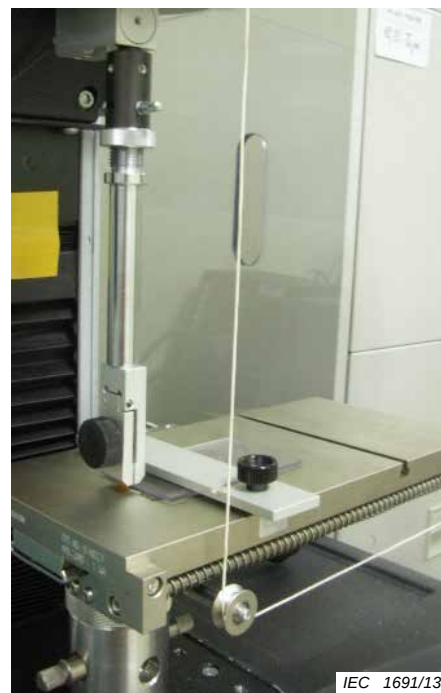
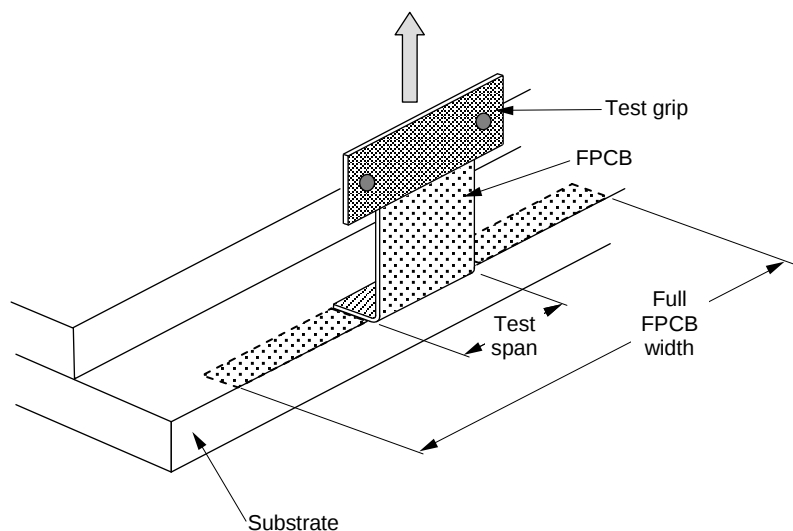


Figure 6 – Example of peeling strength test

7.7.3 Evaluation

The peel strength is equal to the minimum value of test results of the specimens. It shall be noted that the test data with early failure due to defect in the FPCB specimen shall be eliminated from the data reduction for final report. The minimum and averaged peeling strength per unit length shall be reported. The failure modes, number of specimens and conditions of test could be also reported as requested in the relevant specification.

Annex A (informative)

Example of the raw test data reduction for four-point bending test

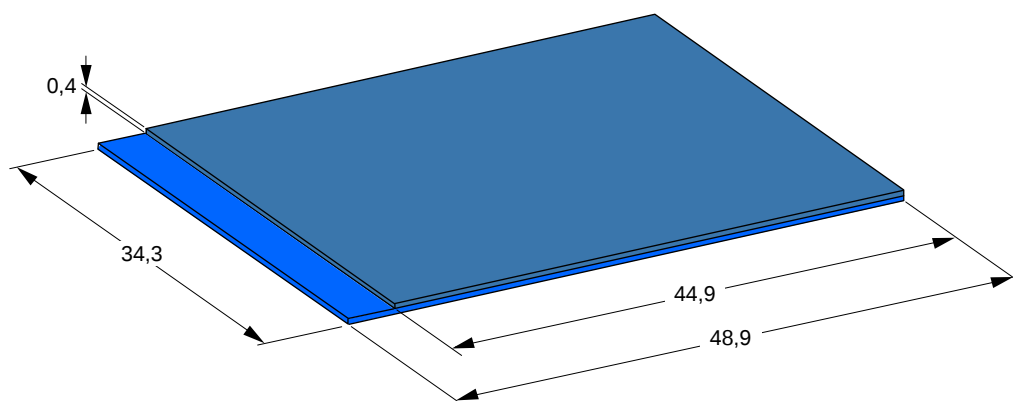
A.1 Purpose

The purpose of this example is to explain how to relate the strength of a test specimen to four-point bending test results as described in 7.5.6.2. By combining four-point bending test results and a conversion factor from finite element analysis (FEA), failure loads are converted to corresponding strength data before fitting them to a Weibull distribution [1] for statistical strength estimation. This test example shall be used only for demonstration of conversion process and shall not be used directly for other purpose without verifying its applicability.

A.2 Sample test results

A 50,8 mm OLED panel is selected to demonstrate the data extraction process. The specimen has dimensions of 34,3 mm in width and 48,9 mm in length as shown in Figure A.1. The thickness of front and rear glasses is 0,4 mm and the sealant thickness is 0,01 mm.

Dimensions in millimeters



IEC 1692/13

Figure A.1 – Specimen dimensions used for sample test

From the example specification in Table 6, the loading span (S_L) and support span (S_S) can be selected to be 20 mm and 40 mm as shown in Figure 4a), respectively. Representative load-displacement curves for 25 specimens out of a set of 30 specimens are shown in Figure A.2. The failure load is determined to be a peak value before each curve starts to drop sharply. The slope of each curve can be used to monitor or compensate whether or not the specimen under test deviates from others as well as from the expected flexural stiffness for the given specimen structure. The gradual rise in the early linear portion of each curve originates from slight difference in timing of initial contact between the two loading bars and the top surface of specimen. Table A.1 shows results of raw test data of failure loads and their slopes (load/extension) for this set of specimens.

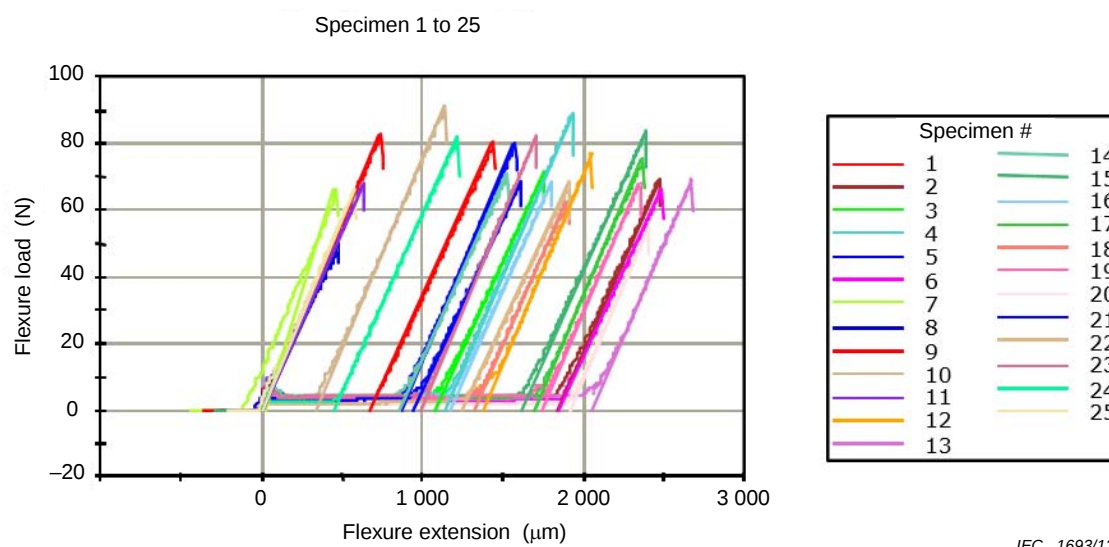


Figure A.2 – Examples of test results: load-displacement curves

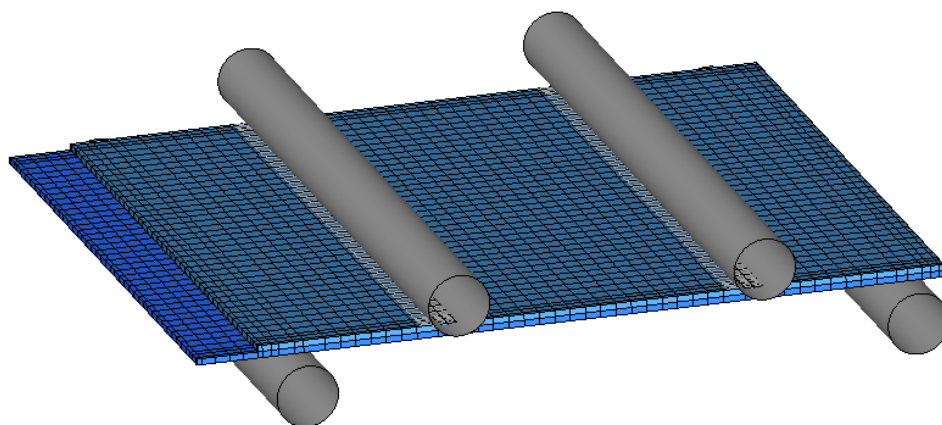
Table A.1 – Results of raw test data

No.	Force (N)	Slope (N/mm)	No.	Force (N)	Slope (N/mm)	No.	Force (N)	Slope (N/mm)
1	81,24	109,5	11	66,35	104,0	21	67,33	99,8
2	68,01	106,7	12	75,07	113,8	22	66,54	101,6
3	69,97	102,8	13	67,62	109,6	23	80,16	110,2
4	87,02	109,0	14	69,19	104,0	24	80,26	106,0
5	78,20	111,0	15	81,73	104,9	25	64,97	111,6
6	65,27	101,6	16	66,93	105,8	26	73,99	109,2
7	65,17	149,2	17	73,40	111,8	27	78,60	108,2
8	47,92	100,8	18	61,64	105,6	28	78,11	108,1
9	78,89	104,8	19	66,05	109,0	29	78,89	109,4
10	89,08	111,4	20	53,31	108,6	30	73,60	115,4

A.3 Finite element analysis

To convert the test failure load data, F to strength $\sigma_{\max}$ of each specimen, it is usually assumed that there is a linear relationship between F and $\sigma_{\max}$, such as $\sigma_{\max} = B \times F$, where B is a conversion factor. A table of conversion factors may be prepared in advance from a series of FEA simulations for a range of widths and thicknesses of the specimen along with different loading span and support span combinations. The conversion table is usually applicable to a limited use when panel products are similar in both materials and structures. For example, a conversion table may be applied without reservation for a limited range of sizes within a single product line if similar materials and designs are used. Nevertheless, it is not practical to construct a universal conversion table to cover all ranges of products due to practical limitations where the simulation processes involve not only a large number of variables, such as material properties and panel structures, but also due to the variety of

numerical error estimates inherent in different implementation approaches of FEA simulation and curve-fitting.



IEC 1694/13

Figure A.3 – Finite element model of test specimen

Even though the detailed steps of finite element analysis are not to be presented here, a few critical outlines can be introduced. In Figure A.3, a finite element model of the specimen and its test set-up is shown. The geometry of the specimen is used to construct a meshed specimen and the loading and support cylinders in the test set-up are modelled as a rigid body. To simulate the four-point bending test, there are much more detailed steps in this modelling process such as allocating material properties to each component of the system, choice of element types for the panel and sealing material as well as the contact and boundary conditions to be imposed by the cylinders. Since the test is performed slowly enough to neglect any significant dynamic effect, the simulation can be regarded either static analysis or quasistatic analysis by using dynamic analysis scheme with the loading rate in the range considered to give negligible dynamic effect as specified in 7.4.5. In this example, two quadrilateral 3-D continuum elements are used in the thickness direction for modelling both glass layers. Simulations were carried out with commercial FEA package, ABAQUS implicit code, ver.6.9². For thin specimens, deformation before failure may exceed more than a few percent of the support span and exceed the thickness of the specimen. In this case, as pointed out in 7.5.6.2 the membrane stress which develops on the surface of the specimen becomes non-negligible and nonlinear geometry theory [7] should be applied. Accordingly the conversion factor B will no longer be a constant, but a variable dependent on level of failure load. In this example, the linear theory applied because the failure occurred at less than 2 % of the support span.

Figures A.4 through A.6 shows an example of the simulation results for the specimen with width of 40 mm when loading bars are set to move down toward the specimen by 2 mm. In Figure A.5 the maximum principal stress around 570 MPa has been developed near the edge in the bottom surface of the specimen. Because the strength of the specimen is much weaker along the edge than those inside of the surface, the maximum stress along the edge shall be collected and used to construct the relationship between the applied load and the maximum stress incurred. In Figure A.6, the maximum principal stress and maximum edge stress are indicated on the bottom surface of the specimen.

The edge stress near the maximum principal stress location can be found by searching neighboring edge nodes. As the test is controlled by downward displacement of loading bars, the load and stress relationship due to this external loading are coupled with the displacement level of loading bars. For each incremental displacement of loading bar, the maximum edge

² ABAQUS is the name of a product supplied by Dassault Systèmes Simulia Corp. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by the IEC of the product named. Equivalent products may be used if they can be shown to lead to the same results.

stresses and corresponding reaction forces from two support bars can be extracted from the simulation results and both values are cross-related with each other.

The final form of relationship between the given failure load and its corresponding strength after the simulation is shown in Figure A.7. Due to the slight nonlinearity in curve-fitting over the full loading range (2 mm), only the lower portion of the failure load range was adopted for accurate linear fitting as shown in Figure A.8. Note that the measured failure load shall fall within the range of the linear fit, with relatively high correlation coefficient, at least 95 %. In this example, the failure load from the test is at most within 100 N and it is well within the fitting range. The final conversion factor B is found to be 1,74 from the slope of the fitting line. Finally, it is advised to cross-check the validity of the conversion factor by checking whether the flexural stiffness of the panel from simulation matches closely with the corresponding slopes of test data in Table A.1.

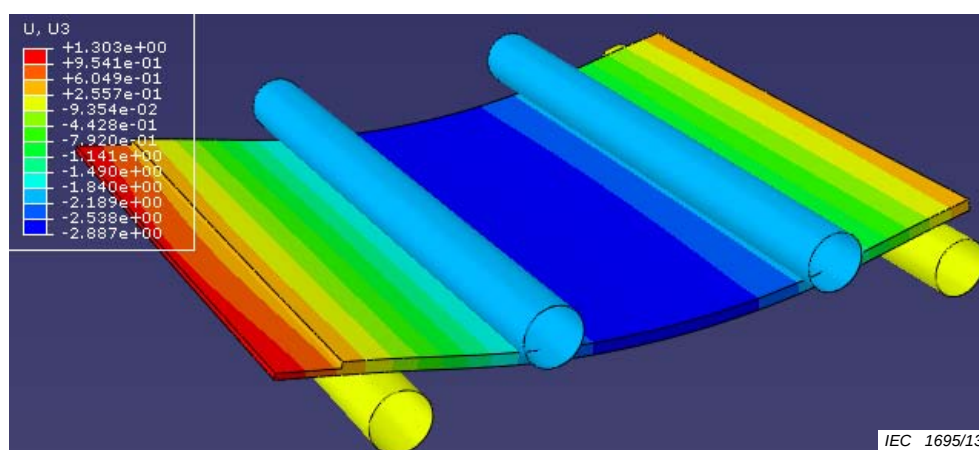


Figure A.4 – Displacement contour map after moving down loading-bar by 2 mm

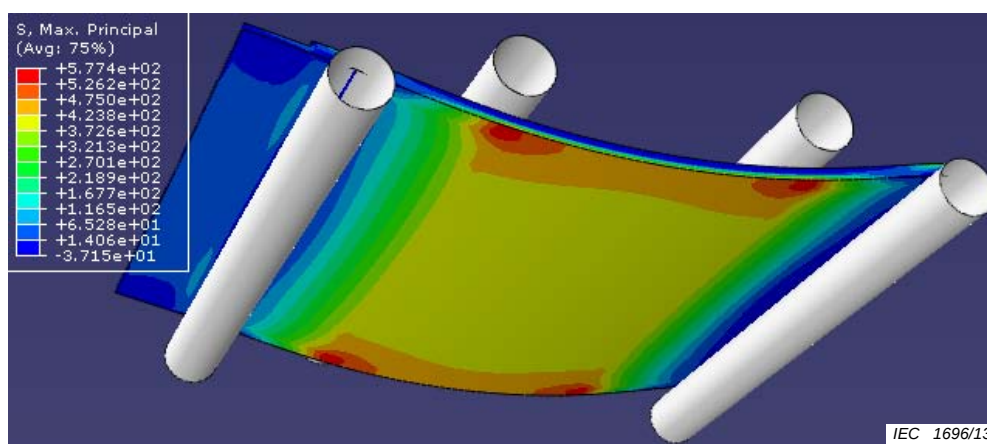


Figure A.5 – Contour map of maximum principal stress distribution

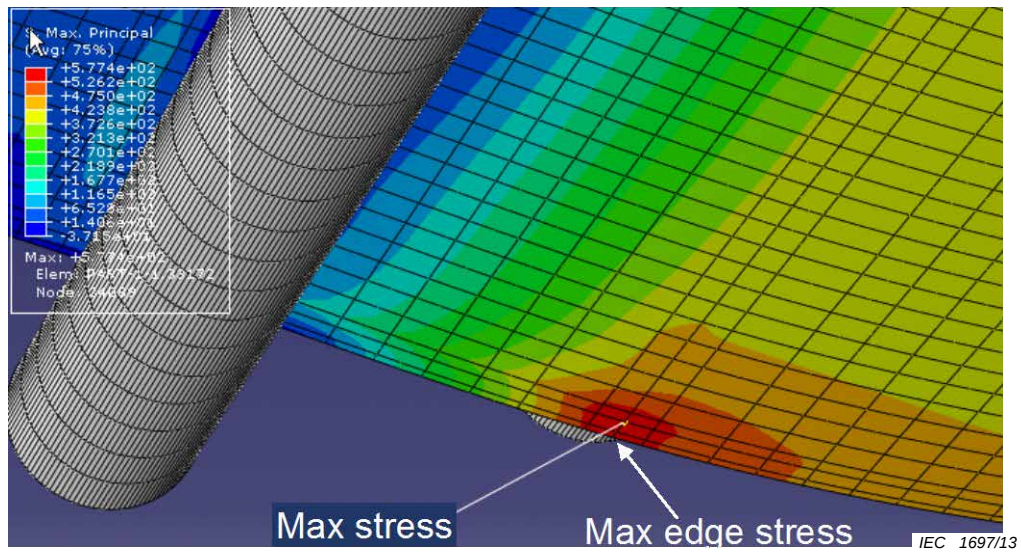


Figure A.6 – Maximum principal stress and maximum stress along the edge

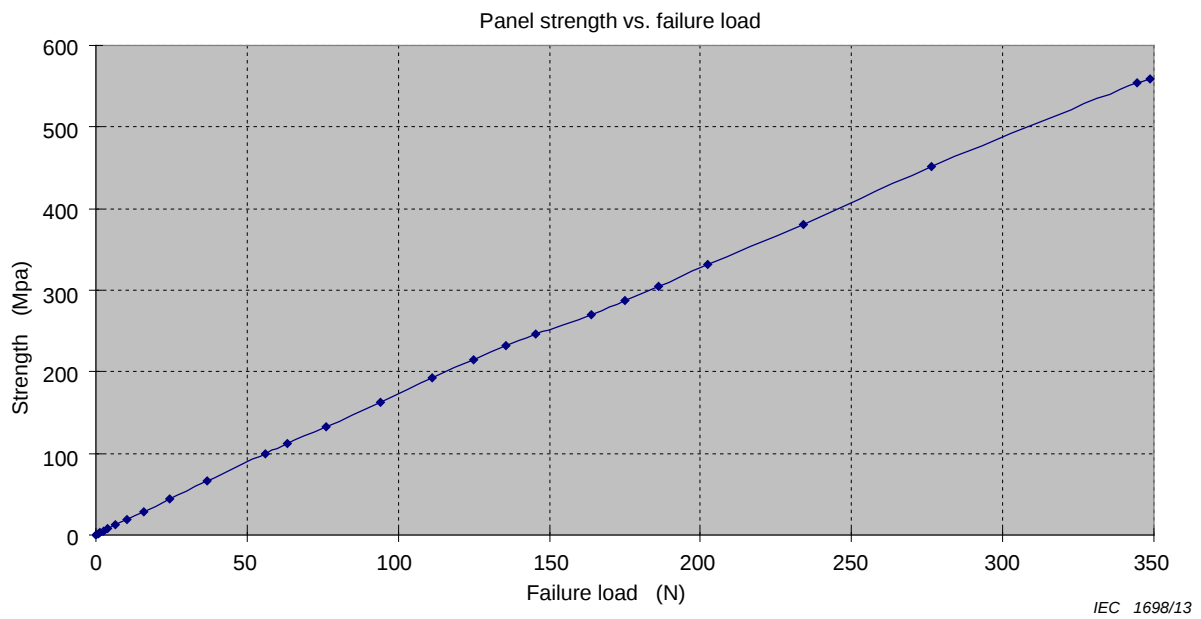


Figure A.7 – Final relationship between panel strength and failure load

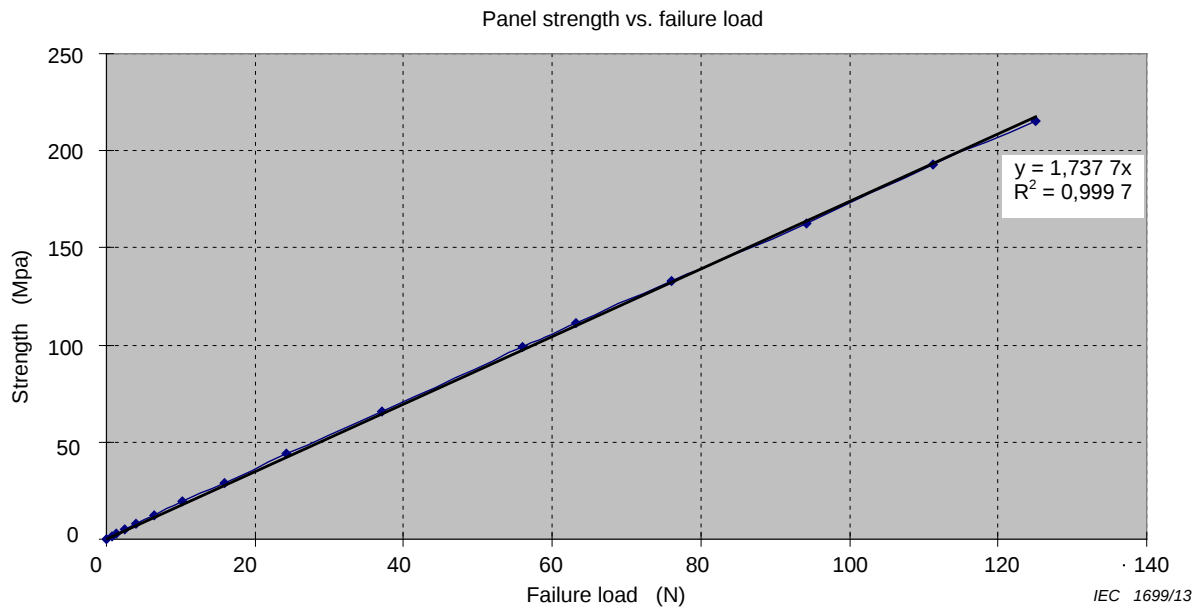


Figure A.8 – Extraction of conversion factor by linear fitting

A.4 Use of conversion factor

The same procedure for width of 30 mm and 35 mm can be applied as those for width of 40 mm as introduced in Clause A.3. In Table A.2, an example of conversion table for a limited width is introduced.

Because the size of the specimen of 34,3 mm width and 0,4 mm thickness does not match exactly with the figures in Table A.2, the conversion factor, B of 1,93 could be calculated from the linear interpolation between the values of 30 mm width and 35 mm width. Theoretically, the relationship between the conversion factor and panel thickness or panel width is not exactly linear, but it is assumed that the sampling interval of the conversion factor calculation from simulation is close enough so that the fitting error can be neglected during the linear interpolation.

Table A.2 – Example of conversion factor ($t = 0,4$ mm, test span = 20 mm/40 mm)

Width (mm)	30	35	40
Conversion factor	2,12	1,90	1,74

Table A.3 – Failure load and converted strength data

No.	Force (N)	Strength (MPa)	No.	Force (N)	Strength (MPa)	No.	Force (N)	Strength (MPa)
1	81,24	156,8	11	66,35	128,1	21	67,33	129,9
2	68,01	131,3	12	75,07	144,9	22	66,54	128,4
3	69,97	135,0	13	67,62	130,5	23	80,16	154,7
4	87,02	167,9	14	69,19	133,5	24	80,26	154,9
5	78,20	150,9	15	81,73	157,7	25	64,97	125,4
6	65,27	126,0	16	66,93	129,2	26	73,99	142,8
7	65,17	125,8	17	73,40	141,7	27	78,60	151,7
8	47,92	92,5	18	61,64	119,0	28	78,11	150,8
9	78,89	152,3	19	66,05	127,5	29	78,89	152,3
10	89,08	171,9	20	53,31	102,9	30	73,60	142,0

With the conversion factor to be 1,93 for the width of 34,3 mm specimen, each test data in Table A.1 can be directly converted to their corresponding strength data by simply multiplying by B as given in Table A.3.

A.5 Evaluation

For standard evaluation of strength, it is recommended to apply a Weibull distribution to determine the B_{10} strength and shape factor. These factors are commonly referenced for evaluation of the cutting quality of specimens. Figure A.9 shows the result of curve fitting of a Weibull probability distribution with statistical variation related to data scattering (shape factor) and mean strength (scale factor). Also it provides the full range of probability to failure for the converted strength level. The shape factor of 9,3 is determined from the result of Weibull fit parameters. Figure A.10 plots the probability to failure as a function of the converted edge stress. The B_{10} strength can be easily determined from the extracted data in the figure and found to be 114,6 MPa. The shape factor of 9,3 and B_{10} strength of 114,6 MPa are two of essential results to be reported, and those values are commonly monitored for the cutting quality of the specimens by relevant specification.

It is also permitted to change the order of the conversion process such that load data are fitted first and then are converted to B_{10} strength by multiplying by the conversion factor, B .

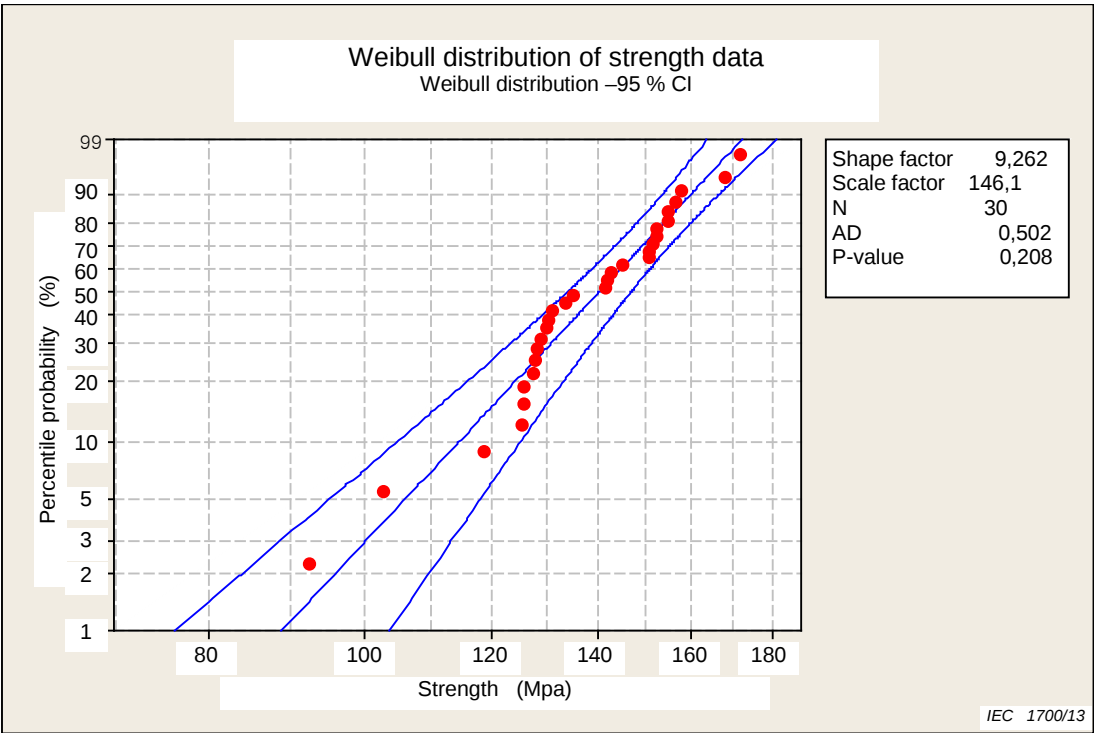


Figure A.9 – Example of Weibull distribution of strength data and statistical outputs

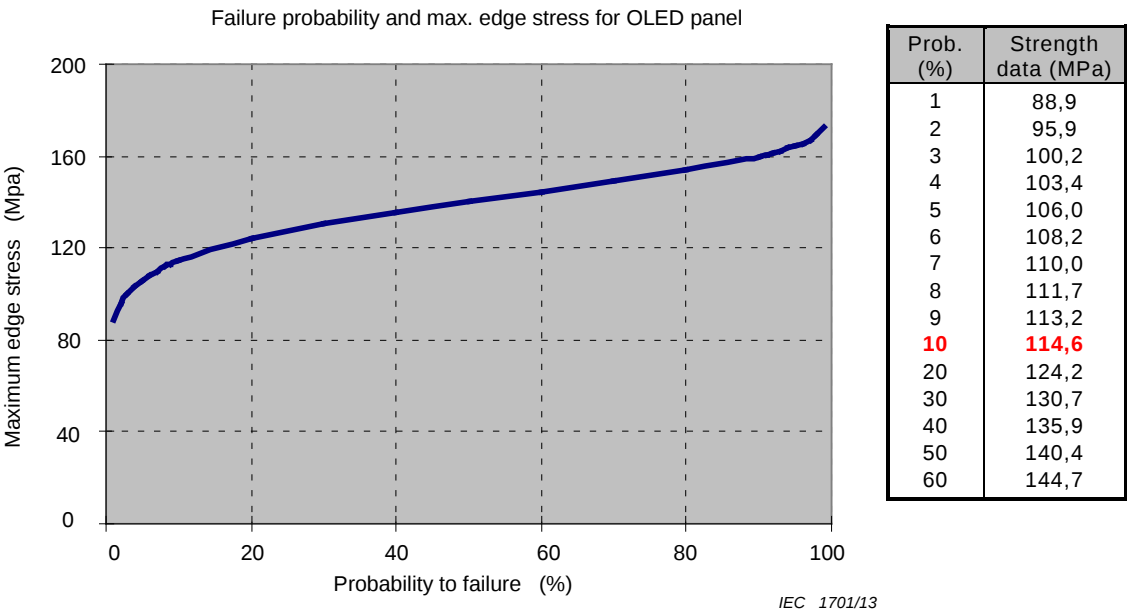


Figure A.10 – Fitted failure probability distribution of strength data

Bibliography

- [1] Weibull, W., "A Statistical Distribution Function of Wide Applicability," Journal of Applied Mechanics 18, 293-297 (1951).
 - [2] ASTM Standards C158-02, *Standard Test Methods for Strength of Glass by Flexure (Determination of Modulus of Rupture)*, Reapproved in 2007.
 - [3] ASTM Standards C1161-02c, *Standard Test Method for Flexural Strength of Advanced Ceramics at Ambient Temperature*, Reapproved in 2008.
 - [4] Shand, E.B. "Breaking Stresses of Glass Determined from Dimensions of Fracture Mirrors", Journal of American Ceramic Society 42, No. 10, 474-77 (1959).
 - [5] Mecholsky, J.J., Rice, R.W. and Freiman, S.W. "Prediction of Fracture Energy and Flaw Size in Glasses from Measurements of Mirror Size", Journal of American Ceramic Society 57, No. 10, 440-443 (1974).
 - [6] Quinn, G.D. "Flexure Strength of Advanced Structural Ceramics: A Round Robin," Journal of American Ceramic Society 72, No. 8, 2374-2384 (1990).
 - [7] Cook, R.D. *Concepts and Applications of Finite Element Analysis*. 2nd Edition, 248 (1981).
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	32
1 Domaine d'application	34
2 Références normatives	34
3 Termes et définitions	35
4 Abréviations	35
5 Conditions atmosphériques normalisées.....	35
6 Evaluations	35
6.1 Examen visuel et vérification des dimensions	35
6.2 Rapport	36
7 Méthodes d'essais d'endurance mécanique	36
7.1 Généralités.....	36
7.2 Vibrations (sinusoïdales)	36
7.2.1 Généralités.....	36
7.2.2 But	36
7.2.3 Appareillage d'essai	36
7.2.4 Procédure d'essai.....	36
7.2.5 Evaluation	39
7.3 Chocs.....	39
7.3.1 Généralités.....	39
7.3.2 But	39
7.3.3 Appareillage d'essai	39
7.3.4 Procédure d'essai.....	39
7.3.5 Evaluation	40
7.4 Résistance quasi statique.....	40
7.4.1 Généralités.....	40
7.4.2 But	40
7.4.3 Specimen	41
7.4.4 Appareillage d'essai	41
7.4.5 Procédure d'essai.....	41
7.4.6 Evaluation	42
7.5 Essai de courbure à quatre points	42
7.5.1 Généralités.....	42
7.5.2 But	42
7.5.3 Specimen	43
7.5.4 Appareillage d'essai	43
7.5.5 Procédure d'essai.....	44
7.5.6 Analyse après essai	44
7.5.7 Evaluation	45
7.6 Essai de chute pendant le transport	46
7.6.1 Généralités.....	46
7.6.2 But	46
7.6.3 Echantillon d'essai.....	46
7.6.4 Procédure d'essai.....	46
7.6.5 Evaluation	47
7.7 Essai de force d'adhérence	47
7.7.1 But	47

7.7.2	Procédure d'essai.....	47
7.7.3	Evaluation	48
Annexe A (informative) Exemple de réduction de données d'essai brutes pour un essai de courbure à quatre points		49
Bibliographie.....		57
Figure 1 – Configuration d'un montage d'essai de chocs OLED.....		39
Figure 2 – Schéma d'un exemple d'appareil de mesure de résistance quasi statique		41
Figure 3 – Schémas de l'appareillage d'essai et des cotés à roulements à broche		43
Figure 4 – Configuration du spécimen pour un essai de courbure à quatre points		44
Figure 5 – Ordre de chute d'emballage de transport.....		47
Figure 6 – Exemple d'essai de force d'adhérence		48
Figure A.1 – Dimensions du spécimen utilisé pour l'essai d'un échantillon		49
Figure A.2 – Exemples de résultats d'essai: courbes charge/déplacement		50
Figure A.3 – Modèle de méthode des éléments finis d'un spécimen d'essai		51
Figure A.4 – Carte de profil de déplacement après avoir descendu de 2 mm une barre de charge		52
Figure A.5 – Carte de profil de distribution de contraintes principales maximales.....		52
Figure A.6 – Contrainte principale maximale et contrainte maximale le long du bord.....		53
Figure A.7 – Relation finale entre résistance de panneau et charge de défaillance		53
Figure A.8 – Extraction du facteur de conversion par adaptation linéaire		54
Figure A.9 – Exemple de distribution de Weibull de données de résistance et statistiques		56
Figure A.10 – Distribution de probabilité de défaillance adaptée de données de résistance		56
Tableau 1 – Gamme de fréquences – Extrémité inférieure		37
Tableau 2 – Gamme de fréquences – Extrémité supérieure		37
Tableau 3 – Gammes de fréquences recommandées		38
Tableau 4 – Amplitudes de vibrations recommandées		38
Tableau 5 – Conditions d'essai de chocs		40
Tableau 6 – Exemples de combinaisons de paramètres d'essai		44
Tableau 7 – Exemples de séquence de chutes d'emballage		46
Tableau A.1 – Résultats des données d'essai brutes		50
Tableau A.2 – Exemple de facteur de conversion ($t = 0,4$ mm, portée d'essai = 20 mm/40 mm)		54
Tableau A.3 – Charge de défaillance et données de résistance converties		55

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

AFFICHEURS À DIODES ÉLECTROLUMINESCENTES ORGANIQUES (OLED) –

Partie 5-2: Méthodes d'essais d'endurance mécanique

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 62341-5-2 a été établie par le comité d'études 110 de la CEI: Dispositifs électroniques d'affichage.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
110/472/FDIS	110/486/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus 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.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62341, publiées sous le titre général *Afficheurs à diodes électroluminescentes organiques (OLED)*, 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.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

AFFICHEURS À DIODES ÉLECTROLUMINESCENTES ORGANIQUES (OLED) –

Partie 5-2: Méthodes d'essais d'endurance mécanique

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62341 définit des méthodes d'essais pour évaluer la qualité de l'endurance mécanique de modules et de panneaux d'affichage à diodes électroluminescentes organiques (OLED) ou de leur emballage d'expédition. Elle tient compte, dans la mesure du possible, des méthodes d'essais d'environnement indiquées dans des parties spécifiques de la CEI 60068. La présente norme a pour objet d'établir des méthodes d'essais préférentielles uniformes pour juger les propriétés d'endurance mécanique des dispositifs d'affichage OLED.

Il existe généralement deux catégories d'essais d'endurance mécanique: ceux portant sur l'environnement d'utilisation des produits et ceux portant sur l'environnement de transport dans un emballage. Les vibrations, les chocs, la résistance quasi statique, l'essai de courbure à quatre points et l'essai de force d'adhérence sont introduits ici pour l'environnement d'utilisation, alors que les essais de chute pendant le transport s'appliquent à l'environnement de transport. Les essais d'endurance mécanique peuvent également être classés dans les catégories suivantes: applications mobiles, applications pour moniteurs ou ordinateurs bloc-notes et applications pour télévisions de grandes tailles. Les considérations ou les limitations spéciales sur les méthodes d'essais en fonction de la taille ou de l'application du spécimen seront indiquées.

NOTE La présente norme est établie séparément de la CEI 61747-5-3, parce que la technologie des diodes électroluminescentes organiques est très différente de celle des dispositifs à cristaux liquides sur des points tels que:

- la structure et les matériaux utilisés;
- les principes de fonctionnement;
- les méthodes de mesure.

2 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 60068-2-6:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 60068-2-27:2008, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

CEI 61747-5:1998, *Dispositifs d'affichage à cristaux liquides et à semiconducteurs – Partie 5: Méthodes d'essais d'environnement, d'endurance et mécaniques*

CEI 61747-5-3:2009, *Dispositifs d'affichage à cristaux liquides – Partie 5-3: Méthodes d'essais d'environnement, d'endurance et mécaniques – Résistance et fiabilité du verre*

CEI 62341-1-2:2007, *Afficheurs à diodes électroluminescentes organiques – Partie 1-2: Terminologie et symboles littéraux*

CEI 62341-5:2009, *Afficheurs à diodes électroluminescentes organiques (DELO) – Partie 5: Méthodes d'essai d'environnement*

CEI 62341-6-1:2009, *Afficheurs à diodes électroluminescentes organiques (OLED) – Partie 6-1: Méthodes de mesure des paramètres optiques et électro-optiques*

CEI 62341-6-2:2012, *Afficheurs à diodes électroluminescentes organiques (OLED) – Partie 6-2: Méthodes de mesure de la qualité visuelle et des caractéristiques de fonctionnement sous conditions ambiantes*

ISO 2206:1987, *Emballages – Emballages d'expédition complets et pleins – Identification des différentes parties en vue des essais*

ISO 2248:1985, *Emballages – Emballages d'expédition complets et pleins – Essai de choc vertical par chute libre*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 62341-1-2, ainsi que les suivants, s'appliquent.

3.1

résistance

contrainte au niveau de laquelle un échantillon devient défectueux pour une condition de charge donnée

3.2

résistance de bord du verre

contrainte mesurée au niveau d'une défaillance apparue sur un bord

4 Abréviations

FEA	analyse par la méthode des éléments finis (<i>Finite Element Analysis</i>)
FPCB	carte de circuit imprimé flexible (<i>Flexible Printed Circuit Board</i>)
B ₁₀	valeur à une position de 10 %inférieure dans la distribution de Weibull [1] ¹
TSP	écran tactile (<i>Touch Screen Panel</i>)

5 Conditions atmosphériques normalisées

Les conditions atmosphériques normalisées du 5.3 de la CEI 62341-5:2009 doivent s'appliquer, sauf en cas d'accord spécifique contraire entre le client et le fournisseur.

6 Evaluations

6.1 Examen visuel et vérification des dimensions

Le spécimen doit être soumis aux contrôles visuels et dimensionnels en condition de non-fonctionnement et aux contrôles fonctionnels en condition de fonctionnement. Les contrôles sont prescrits par la spécification suivante.

- Les contrôles visuels des dommages sur le corps extérieur du spécimen, y compris le marquage, l'encapsulation et les bornes, doivent être effectués comme spécifié au 1.5 de la CEI 61747-5:1998.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

- b) Les dimensions données dans la spécification du client doivent être vérifiées.
- c) Les performances visuelles et optiques doivent être vérifiées comme spécifié dans la CEI 62341-6-1.

Sauf spécification contraire, l'inspection visuelle doit être effectuée dans les conditions et selon les méthodes spécifiées au 6.2 de la CEI 62341-6-2:2012.

6.2 Rapport

Pour les résultats principaux dans chaque essai, les valeurs minimales et moyennes ou la valeur B_{10} au lieu de la valeur minimale doivent généralement être indiquées pour le nombre de spécimens en fonction des objectifs de l'essai. La spécification applicable doit fournir les critères sur lesquels l'acceptation ou le rejet du spécimen doit être basé(e).

7 Méthodes d'essais d'endurance mécanique

7.1 Généralités

Le choix des essais appropriés dépend du type de dispositifs. La spécification applicable doit indiquer les essais applicables.

7.2 Vibrations (sinusoïdales)

7.2.1 Généralités

L'essai Fc, spécifié dans la CEI 60068-2-6 et au 2.3 de la CEI 61747-5:1998, est applicable avec les conditions spécifiques suivantes. En cas de contradiction entre ces normes, le 2.3 de la CEI 61747-5:1998 doit prévaloir.

7.2.2 But

Le but de cet essai est d'étudier le comportement du spécimen dans un environnement de vibrations tel que lors d'un transport ou en utilisation réelle.

7.2.3 Appareillage d'essai

L'équipement doit être capable de maintenir les conditions d'essai spécifiées au 7.2.4. Il convient que la table d'essai de vibrations ne résonne pas dans la gamme de fréquences de vibrations des conditions d'essai. Les caractéristiques exigées s'appliquent au système de vibrations complet, qui inclut un amplificateur de puissance, un vibreur, un montage d'essai, un spécimen et un système de commande lorsqu'il est chargé pour être soumis à un essai. Le corps du dispositif doit être solidement fixé pendant l'essai. Si une méthode d'installation est spécifiée pour le dispositif, elle doit être respectée pour fixer le dispositif. Le spécimen doit être soumis à l'essai lorsqu'il ne fonctionne pas.

7.2.4 Procédure d'essai

7.2.4.1 Conditions d'essai

7.2.4.1.1 Mouvement de base

Le mouvement de base doit être une fonction sinusoïdale du temps et tel que les points de fixation du spécimen se déplacent essentiellement en phase et selon des lignes droites parallèles.

7.2.4.1.2 Mouvement parasite

L'amplitude maximale d'un mouvement parasite transversal au niveau des points de contrôle selon n'importe quelle perpendiculaire à l'axe spécifié ne doit pas dépasser 25 %. Dans le cas de spécimens de grande taille ou de masse importante, l'apparition d'un mouvement de

rotation parasite de la table de vibrations peut être importante. Si c'est le cas, la spécification applicable doit prescrire un niveau de tolérance.

7.2.4.1.3 Tolérance sur le signal

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, des mesures de tolérance sur le signal d'accélération doivent être effectuées et la tolérance sur le signal ne doit pas dépasser 5 %.

7.2.4.1.4 Tolérance sur l'amplitude des vibrations

Point de référence: ± 15 %;

Point de contrôle: ± 25 %.

7.2.4.1.5 Tolérances sur la fréquence

7.2.4.1.5.1 Endurance par balayage

± 1 Hz de 5 Hz à 50 Hz;

± 2 % au-delà de 50 Hz.

7.2.4.1.5.2 Endurance aux fréquences critiques

± 2 %.

7.2.4.2 Sévérités

7.2.4.2.1 Généralités

Une sévérité des vibrations est définie par la combinaison des trois paramètres: la gamme de fréquences, l'amplitude des vibrations et la durée d'endurance (en temps ou en cycles de balayage).

7.2.4.2.2 Gamme de fréquences

La gamme de fréquences doit être indiquée dans la spécification applicable en choisissant une fréquence inférieure dans le Tableau 1 et une fréquence supérieure dans le Tableau 2.

Tableau 1 – Gamme de fréquences – Extrémité inférieure

Fréquence inférieure f_1
Hz
5
10
20

Tableau 2 – Gamme de fréquences – Extrémité supérieure

Fréquence supérieure f_2
Hz
55
100
200
300
500

Les gammes recommandées sont indiquées dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Gammes de fréquences recommandées

Gammes de fréquences recommandées, de f_1 à f_2	
Hz	
5 à 100	
5 à 200	
5 à 500	
10 à 55	
10 à 200	
10 à 300	
10 à 500	

7.2.4.2.3 Amplitude des vibrations

L'amplitude des vibrations doit être indiquée dans la spécification applicable. Les amplitudes de vibrations recommandées avec la fréquence de transition sont indiquées dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Amplitudes de vibrations recommandées

Amplitude de déplacement sous la fréquence de transition mm	Amplitude d'accélération au-delà la fréquence de transition	
	m/s ²	g_n
0,035	4,9	0,5
0,075	9,8	1,0
0,10	14,7	1,5
0,15	19,6	2,0
0,20	2,4	3,0

NOTE Les valeurs indiquées s'appliquent dans le Tableau 4 pour des fréquences de transition comprises entre 57 Hz et 62 Hz.

7.2.4.2.4 Durée d'endurance

7.2.4.2.4.1 Endurance par balayage

La durée de l'essai d'endurance sur chaque axe doit être indiquée comme un nombre de cycles de balayage choisis dans la liste suivante.

1, 5, 10, 20, 30, 45, 60, 120

Le balayage doit être continu et la fréquence doit varier exponentiellement avec le temps. Le temps d'endurance associé au nombre de cycles de balayage ou la vitesse de balayage en octaves/minute doit être spécifié(e). Pendant la recherche de réponse à des vibrations, le spécimen et les données de réponse à des vibrations doivent être examinés afin de déterminer les fréquences critiques.

7.2.4.2.4.2 Endurance aux fréquences critiques

La durée de l'essai d'endurance sur chaque axe aux fréquences critiques trouvées pendant la recherche de réponse à des vibrations doit être choisie dans la liste ci-dessous. Cet essai doit être répété pour le nombre de fréquences critiques, tel que spécifié dans la spécification applicable.

10 min, 15 min, 30 min, 90 min.

7.2.5 Evaluation

Après l'essai, les contrôles visuels, dimensionnels et fonctionnels doivent être effectués et comparés comme cela est décrit au 6.1.

7.3 Chocs

7.3.1 Généralités

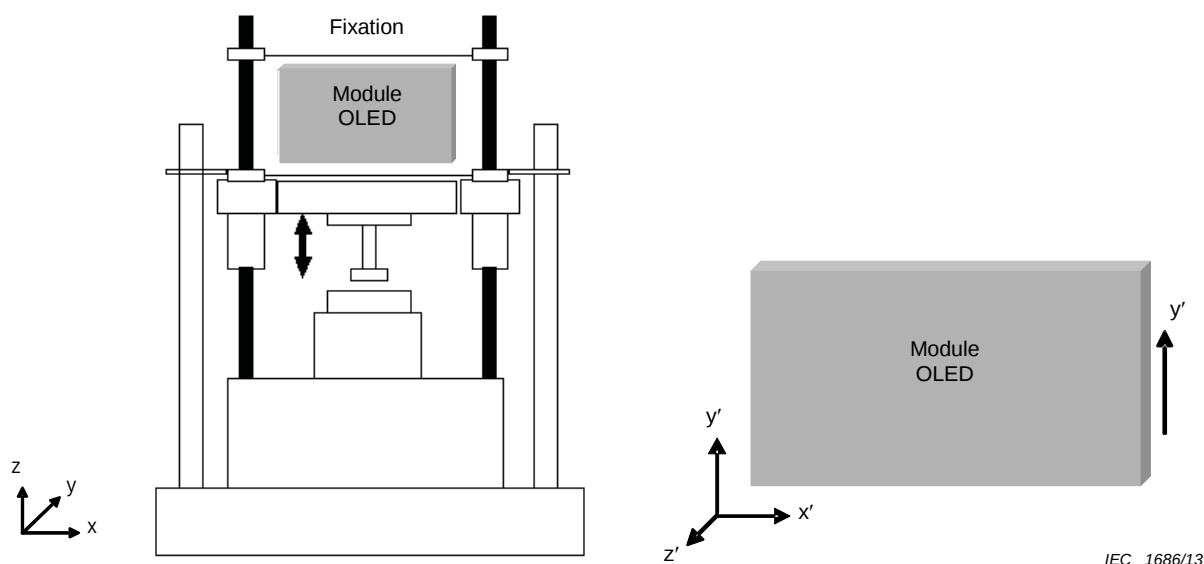
La CEI 60068-2-27 et le 2.4 de la CEI 61747-5:1998 doivent être appliqués avec les conditions spécifiques suivantes. En cas de contradiction entre ces normes, le 2.4 de la CEI 61747-5:1998 doit prévaloir.

7.3.2 But

Cet essai doit fournir une procédure normalisée pour déterminer la capacité d'un panneau ou d'un module OLED à supporter des sévérités de chocs spécifiées. Pendant le transport ou en utilisation, un panneau ou un module OLED peut être soumis à des conditions impliquant des chocs relativement non-répétitifs.

7.3.3 Appareillage d'essai

Le corps du spécimen doit être solidement fixé pendant l'essai dans la direction d'essai alignée sur l'axe z de la machine d'essai; par exemple, la Figure 1 représente l'essai de chocs le long de l'axe y' du spécimen. Si une méthode d'installation est spécifiée pour le dispositif, elle doit être utilisée pour fixer le dispositif.



a) Exemple de machine d'essai de chocs

b) Direction d'essai d'un spécimen

Figure 1 – Configuration d'un montage d'essai de chocs OLED

7.3.4 Procédure d'essai

L'essai Ea, spécifié dans la CEI 60068-2-27, est applicable avec les exigences spécifiques suivantes. Les conditions doivent être choisies dans le Tableau 5, en tenant compte de la masse du dispositif et de sa construction interne.

Tableau 5 – Conditions d'essai de chocs

Amplitude de crête A m/s ² (g_n)	Durée correspondante D de l'impulsion nominale ms	Variation de vitesse correspondante ΔV	
		Demi-sinusoidale m/s	Trapézoïdale m/s
50 (5)	30	1,0	-
150 (15)	11	1,0	1,5
<u>300 (30)</u>	<u>18</u>	<u>3,4</u>	<u>4,8</u>
300 (30)	11	2,1	2,9
300 (30)	6	1,1	1,6
<u>500 (50)</u>	<u>11</u>	<u>3,4</u>	<u>4,9</u>
500 (50)	3	0,9	1,3
1 000 (100)	11	6,9	9,7
<u>1 000 (100)</u>	<u>6</u>	<u>3,7</u>	<u>5,3</u>
2 000 (200)	6	7,5	10,6
2 000 (200)	3	3,7	5,3
5 000 (500)	1	3,1	-
10 000 (1 000)	1	6,2	-
NOTE Les valeurs préférentielles sont soulignées.			

Le choix de la forme d'onde à utiliser dépend d'un certain nombre de facteurs, et les difficultés inhérentes à faire un tel choix excluent un ordre préférentiel donné dans la norme (voir l'Article A.3 de la CEI 60068-2-27:2008). La spécification applicable doit indiquer la forme d'onde utilisée.

Sauf indication contraire dans la spécification applicable, trois chocs successifs doivent être appliqués dans chaque direction des trois axes perpendiculaires entre eux du spécimen, soit un total de 18 chocs. En fonction du nombre de dispositifs identiques disponibles et des dispositions de montage, en particulier dans le cas des composants, ils peuvent être orientés de telle sorte que les multiples exigences sur les axes ou les directions de la spécification applicable peuvent être satisfaites en appliquant trois chocs dans une seule direction (voir l'Article A.7 de la CEI 60068-2-27:2008).

7.3.5 Evaluation

Les contrôles visuels, dimensionnels et fonctionnels doivent être effectués et comparés, tel que décrit au 6.1 de la spécification applicable.

7.4 Résistance quasi statique

7.4.1 Généralités

Le paragraphe 5.4 de la CEI 61747-5-3:2009 est applicable avec les conditions spécifiques suivantes.

7.4.2 But

La présente norme a pour but d'établir des exigences uniformes pour des mesures précises et fiables de la résistance quasi statique de panneaux ou de modules OLED. La résistance quasi statique d'un module OLED peut être spécifiée pour assurer le niveau d'endurance mécanique des charges externes quasi statiques dans et autour de la zone d'affichage en utilisation normale, par exemple s'asseoir sur le produit ou toucher ou appuyer avec le bout du doigt sur la zone d'affichage.

7.4.3 Spécimen

La présente norme s'applique aux panneaux ou aux modules OLED pour des applications mobiles ou informatiques. Des produits à module OLED intégrant d'autres composants, par exemple des écrans tactiles (TSP), un film et un couvercle de protection, peuvent être utilisés comme forme acceptable de spécimen. Dans tous les cas, une taille d'échantillons minimale d'au moins 6 panneaux ou modules doit être utilisée pour obtenir une distribution de résistance statistiquement significative, représentative de la résistance quasi statique du spécimen aux charges externes induites par la manipulation, le traitement et la fabrication du spécimen spécifié comme faisant partie du produit final.

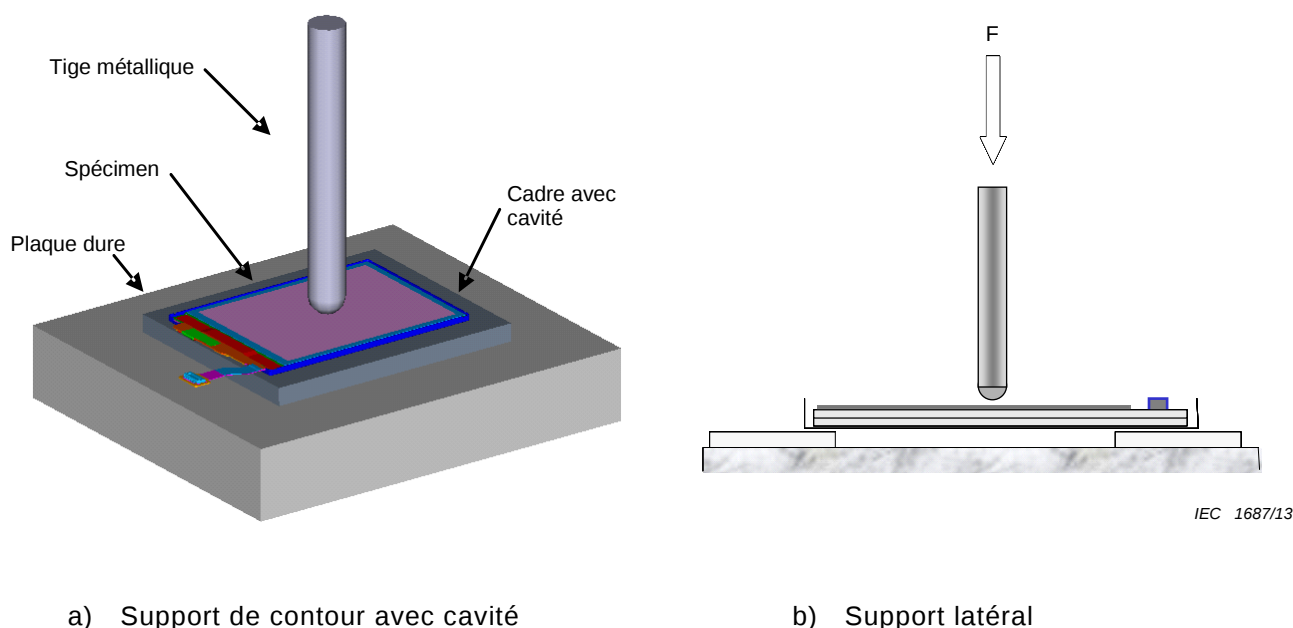


Figure 2 – Schéma d'un exemple d'appareil de mesure de résistance quasi statique

7.4.4 Appareillage d'essai

La résistance quasi statique d'un spécimen est mesurée en plaçant le spécimen sur le châssis de montage et en le chargeant au centre, comme cela est représenté à la Figure 2. Le spécimen doit être mis sur le châssis avec la cavité rectangulaire, comme cela est représenté à la Figure 2a), ou sur des supports latéraux, comme cela est représenté à la Figure 2b). La taille d'une cavité rectangulaire dans le châssis (Figure 2a)) doit être indiquée dans la spécification applicable et doit être aussi grande que la zone de support des bords le permet. Il est recommandé de placer la cavité autour de la zone active pour les applications mobiles. La pointe d'une barre métallique de charge doit être de forme arrondie et le diamètre de la tige métallique varie avec la taille du spécimen en essai. Il est recommandé d'utiliser une tige métallique de 10 mm de diamètre pour les échantillons dont la longueur diagonale de l'affichage peut atteindre 101,6 mm (4 pouces). Pour des modules plus grands, comme pour les applications pour moniteurs ou ordinateurs bloc-notes, une tige de 19 mm de diamètre est recommandée. Le même appareil peut également être utilisé pour charger le module OLED excentré et obtenir sa résistance à différents endroits. Cet essai de résistance quasi statique ne s'applique généralement pas aux applications pour télévision.

7.4.5 Procédure d'essai

7.4.5.1 Généralités

Il convient que la vitesse de déplacement soit suffisamment petite pour que la charge ne génère pas de réponse dynamique importante, de telle sorte que le taux de contrainte maximale sur le spécimen doit être de l'ordre de $1,0 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ [3]. La vitesse typique de la charge ou la vitesse typique du coulisseau est de 3 mm/min ou 5 mm/min pour des afficheurs

de petite taille, de telle sorte qu'une défaillance peut se produire dans une période de mesure comprise entre 30 s et 45 s. En fonction du but de l'essai, la procédure d'essai suivante peut être appliquée.

7.4.5.2 Résistance de charge statique

Pour cet essai, une charge spécifiée est prévue pour évaluer la résistance du module à une charge statique externe selon la spécification applicable. Une charge spécifiée est réglée et la charge est appliquée sur la surface du spécimen en descendant la tige métallique, comme cela est représenté sur la Figure 2. Une fois la charge spécifiée atteinte, la tige retourne à la position de départ. Plusieurs charges peuvent être appliquées par étapes. La position de charge du spécimen doit être le centre de la zone active de l'afficheur, mais plusieurs positions de charge comprenant une position excentrée peuvent également être utilisées selon la zone d'intérêt.

7.4.5.3 Charge de défaillance quasi statique

Dans la continuité de l'essai de charge spécifiée de 7.4.5.2, cet essai est destiné à mesurer la charge de défaillance. La tige métallique descend pour appuyer sur la surface du spécimen jusqu'à la rupture du spécimen. Le spécimen est classé comme défaillant lorsque la charge appliquée commence à diminuer de plus d'une proportion donnée, par exemple de 2 % de la valeur crête de la charge.

7.4.6 Evaluation

Pour l'essai de charge statique, la spécification applicable doit fournir le niveau de charge spécifié sur lequel l'acceptation ou le rejet de la résistance du spécimen doit être basé(e). Pour l'essai de charge de défaillance de 7.4.5.3, la valeur moyenne, la valeur maximale et la valeur minimale avec la charge de défaillance de chaque spécimen d'essai sont indiquées. Le rapport d'essai sur le spécimen doit indiquer si le spécimen comporte d'autres composants.

7.5 Essai de courbure à quatre points

7.5.1 Généralités

La présente norme est établie séparément de la CEI 61747-5-3, dans laquelle la caractérisation du composant en verre est particulièrement mise en valeur. La résistance quasi statique des bords du verre ou simplement la résistance aux flexions des panneaux OLED et l'intégrité de la structure des panneaux sont évaluées dans la configuration de l'essai de courbure à quatre points. Bien que l'essai de courbure à quatre points n'ait pas de limitation sur la taille du panneau d'affichage, cet essai convient généralement à des applications mobiles, dont la diagonale mesure au maximum 101,6 mm.

7.5.2 But

L'essai de courbure à quatre points est important puisque le résultat de cet essai peut être utilisé comme indicateur du niveau d'endurance mécanique quand l'échantillon de panneau ou l'échantillon de module est exposé à différentes charges mécaniques dans des conditions d'utilisation hostiles, par exemple la torsion d'un combiné, etc. Dans le cadre de cet essai, le verre des panneaux d'affichage OLED est considéré fragile et comme ayant la propriété selon laquelle la rupture se produit normalement à la surface du verre sous l'effet de la contrainte de traction maximale. La résistance à une défaillance du module d'affichage est déterminée quand un composant parmi les plus faibles dans le spécimen est défaillant. En fonction de la structure du panneau, la liaison la plus faible peut être le bord inférieur du verre, mais la défaillance peut avoir d'autres origines, par exemple la désintégration du matériau d'étanchéité. L'essai de courbure à quatre points est recommandé puisqu'il distribue la contrainte de traction maximale sur une surface ou un volume plus grand que dans le cas de l'essai de courbure à trois points.

7.5.3 Spécimen

Le spécimen est un panneau d'affichage constitué de verre à l'avant et à l'arrière. Le spécimen d'essai peut contenir un polariseur. Ce n'est toutefois pas nécessaire si l'essai est réalisé lors de la phase de production où les polariseurs n'ont pas été encore placés. L'utilisation d'un polariseur ou de toute autre bande élastique est autorisée sur la surface du spécimen pour maintenir les fragments craquelés et permettre l'observation de l'origine des craquelures. Au moins 10 spécimens doivent être utilisés pour estimer la moyenne. Au moins 20 spécimens doivent être nécessaires si des estimations sur la forme de la distribution de la résistance doivent être indiquées. S'ils ne sont pas utilisés à d'autres fins spécifiques, les échantillons doivent provenir de plusieurs feuilles ou de différentes régions d'une seule feuille ayant servi à fabriquer les panneaux d'affichage. N'importe quel spécimen peut être rejeté avant de procéder à des essais pour trouver des défauts considérés comme pouvant affecter la résistance quasi statique des bords du verre. La variation de la largeur ou de l'épaisseur ne doit pas dépasser 5 % de la longueur du spécimen égale à la portée du support.

7.5.4 Appareillage d'essai

7.5.4.1 Machine d'essai

La machine d'essai est constituée d'un châssis d'essai et d'un montage d'essai de courbure à quatre points. La Figure 3 illustre un exemple de montage d'essai de courbure à quatre points avec un spécimen de panneau OLED. Le châssis d'essai est constitué d'une chargeuse verticale, qui peut être pilotée de manière électromécanique, servo-hydraulique ou pneumatique, d'une cellule de charge montée et d'un logiciel de commande. On suppose que les montages sont relativement rigides et que la majeure partie de la course du coulisseau de la machine d'essai est imposée comme une contrainte sur le spécimen. Plusieurs exigences doivent également être satisfaites pour un appareil de courbure à quatre points, afin de garantir la fiabilité des données avec une variation minimale [2].

7.5.4.2 Roulements cylindriques

Des bords d'appui cylindriques doivent être utilisés pour soutenir le spécimen et pour appliquer la charge. Le rayon des roulements cylindriques doit être d'environ 2 mm à 5 mm en fonction de l'épaisseur du spécimen [3]. Les cylindres doivent être constitués d'acier suffisamment durci pour empêcher une déformation excessive sous la charge et pouvoir rouler librement pour supprimer les contraintes de friction. En outre, deux roulements de charge et un roulement cylindrique de support doivent également être prévus. Ils tournent latéralement afin de compenser toute surface de contact irrégulière avec le spécimen et assurent une distribution uniforme et régulière de la charge entre les deux bords des roulements intérieurs. La Figure 3 représente une disposition appropriée utilisant des montages à roulements à broche.

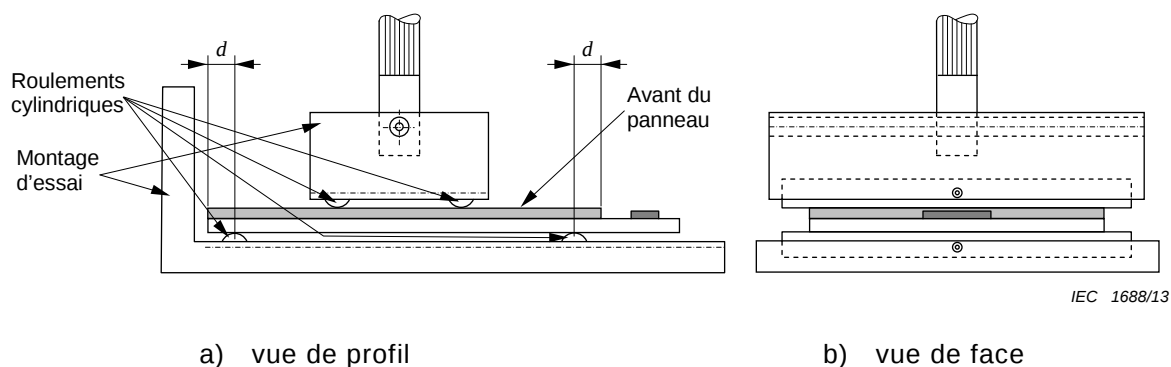


Figure 3 – Schémas de l'appareillage d'essai et des cotés à roulements à broche

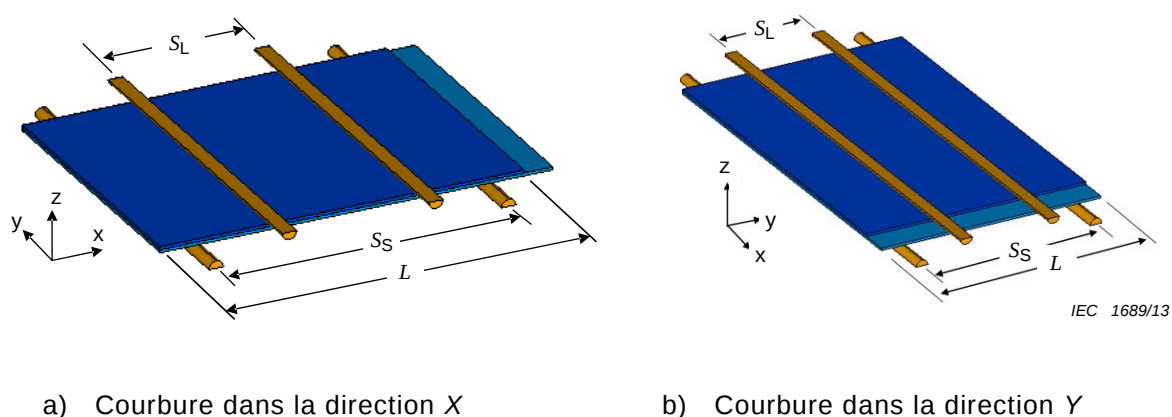


Figure 4 – Configuration du spécimen pour un essai de courbure à quatre points

7.5.5 Procédure d'essai

La longueur du spécimen, L est déterminée comme la longueur du côté long ou du côté court du verre avant, comme cela est décrit à la Figure 4a) et à la Figure 4b), respectivement. La quantité de débord du spécimen, d sur la Figure 3, doit être au moins 2 mm au-delà des roulements externes pour permettre au spécimen de glisser sur le support et d'éliminer l'effet de la condition d'extrémité du spécimen. Appliquer lentement la charge perpendiculairement au montage. La contrainte maximale admissible dans le spécimen due à la charge initiale ne doit pas dépasser 25 % de la résistance moyenne. Dans l'essai de courbure à quatre points, un spécimen est chargé à une vitesse de déplacement constante jusqu'à la rupture. La vitesse de déplacement à utiliser dépend des portées choisies. Elle est choisie de telle sorte que le temps nécessaire pour effectuer un cycle d'essai soit suffisamment long, comme cela est décrit au paragraphe 7.4.5.1, alors que les durées avant une défaillance pour des gammes de spécimens typiques vont de 30 s à 45 s. Le Tableau 6 présente des exemples de combinaisons de configurations d'essai et des vitesses de déplacement.

Tableau 6 – Exemples de combinaisons de paramètres d'essai

L (mm)	S_S (mm)	S_L (mm)	Vitesse de déplacement (mm/min)
25	20	10	3
45	40	20	5
85	80	40	10

Spécifiquement, la portée entre le gabarit d'essai et les rouleaux de charge doit être ajustée pour une taille de spécimen différente avec une portée de support (S_S) et une portée de charge (S_L) spécifiées, afin de couvrir la majeure partie du bord de panneau soumis à une courbure. D'autre part, pour empêcher l'effet de la taille de la zone de courbure sur la résistance de bord du verre et pour réaliser l'essai avec les mêmes critères de résistance indépendamment des tailles des spécimens en essai, une portée de charge constante et une portée de support peuvent être spécifiées. Dans tous les cas, la portée de charge doit être la moitié de la portée de support [3]. Les roulements cylindriques doivent être placés soigneusement, de telle sorte que les portées soient précises à $\pm 0,10$ mm.

7.5.6 Analyse après essai

7.5.6.1 Analyse de l'origine d'une rupture

Puisque les panneaux OLED peuvent avoir différentes structures pour différents mécanismes d'émission et différents systèmes d'encapsulation, ils peuvent présenter des mécanismes

uniques de rupture. Par conséquent, l'origine d'une rupture d'un spécimen soumis à un essai de courbure à quatre points peut être différente. Il est donc nécessaire et important de garantir que cette méthode d'essai de courbure à quatre points est valide pour évaluer l'endurance mécanique dans la zone d'intérêt. Une analyse de l'origine d'une rupture par fractographie est fréquemment menée pour examiner l'origine de la défaillance du panneau. Les modes de défaillance potentiels incluent la qualité du bord inférieur ou la faible intégrité du matériau d'adhérence et/ou d'autres faiblesses de la structure.

7.5.6.2 Analyse des résultats d'essai

L'unité d'essai mécanique utilisée pour l'essai de courbure à quatre points indique une charge de défaillance quand un spécimen soumis aux procédures d'essai décrites dans cette méthode d'essai est défaillant. Il est très important de convertir ces valeurs de charge de défaillance en expression normalisée de contrainte de défaillance ou de résistance dans le rapport d'essai. Les résultats présenteront une dispersion statistique inhérente pour des tailles d'échantillons finies, et les paramètres statistiques de Weibull peuvent quantifier cette variabilité [1, 6]. Il existe plusieurs manières d'obtenir les données sur la résistance. La simulation par analyse par la méthode des éléments finis (FEA) est souvent adoptée pour estimer la valeur de la résistance, $\sigma_{\max}$, à partir de la charge de défaillance, F et la rigidité en flexion. Habituellement, pour les données sur le matériau de verre donné, un tableau du facteur de conversion B , tel que $\sigma_{\max} = B \times F$, est défini à partir d'une série de résultats de simulation par FEA portant sur les différentes tailles et épaisseurs du panneau. Les données d'essai peuvent être directement converties en données de résistance correspondantes pour la taille et l'épaisseur données du spécimen en multipliant simplement ce facteur de conversion. Si la taille ou l'épaisseur du spécimen ne correspond pas exactement à celles du tableau, la valeur doit être interpolée linéairement à partir du tableau de conversion. Si la déformation avant la défaillance dépasse de quelques pourcents la portée de support (S_S), une simulation par FEA avec une théorie non-linéaire doit être utilisée pour évaluer précisément la contrainte. Un exemple détaillé de l'analyse des résultats d'essai utilisant une simulation par FEA est présenté à l'Annexe A.

Il peut exister d'autres méthodes pour extraire les données de résistance. Une des autres méthodes est l'utilisation directe des mesures de contrainte. Dans cette méthode, plusieurs jauges de contrainte sont placées sur la surface inférieure du spécimen où l'on considère que la contrainte de traction maximale doit se produire. Puisque la valeur de la résistance est étroitement liée à la valeur de la contrainte de défaillance, la valeur de la résistance peut être convertie à partir de la contrainte de défaillance. On considère que cinq échantillons ou plus pour les mesures de la jauge de contrainte sont utilisés pour calculer le facteur de conversion moyen entre la charge appliquée et les mesures de contrainte. D'autres essais concernant les échantillons restants sont autorisés pour convertir des charges de défaillance en contrainte de défaillance, en utilisant le facteur de conversion. Une autre méthode consisterait à mesurer par observation la surface de rupture. La résistance peut être estimée à partir de l'origine des craquelures et de la mesure de la zone miroir correspondante [4, 5]. On doit noter que si l'origine d'une craquelure provient du matériau d'étanchéité, la mesure de la zone miroir dans le panneau de verre n'est pas pertinente en raison des contraintes résiduelles préexistantes dans le matériau d'étanchéité. Cette méthode est souvent utilisée en combinaison avec l'analyse de l'origine de rupture pour déterminer la cause et l'effet principaux de la défaillance.

7.5.7 Evaluation

Les valeurs de résistance moyenne ou minimale peuvent faire l'objet d'un compte-rendu de résultats d'essai dans la spécification, mais il est plus recommandé d'utiliser la valeur B_{10} de la résistance après adaptation des données d'essai statistiques [1]. La méthode d'extraction des données de résistance et les éléments à faire figurer dans l'analyse après essai doivent être indiqués dans la spécification applicable. La valeur minimale ou la valeur B_{10} de la résistance, le facteur de forme ou les écarts types et la valeur moyenne de la résistance avec les données brutes de chaque spécimen doivent être indiqués. La spécification applicable doit fournir les critères sur lesquels l'acceptation ou le rejet du spécimen doit être basé(e).

7.6 Essai de chute pendant le transport

7.6.1 Généralités

L'ISO 2248 doit être appliquée avec les conditions spécifiques suivantes.

7.6.2 But

L'objectif de cette norme est de spécifier une méthode pour réaliser un essai d'impact vertical en laissant tomber un emballage d'expédition de produit complet et plein.

7.6.3 Echantillon d'essai

L'emballage d'essai doit normalement être rempli de modules ou de panneaux OLED principalement pour des applications mobiles ou des applications pour ordinateurs bloc-notes. Si le nombre d'échantillons d'essai est insuffisant pour remplir l'emballage, des échantillons factices sans défaut mécanique peuvent être utilisés. S'assurer que l'emballage d'essai est fermé normalement, comme lorsqu'il est prêt à être expédié. Le nombre d'emballages de transport pour le spécimen d'essai est donné dans la spécification applicable.

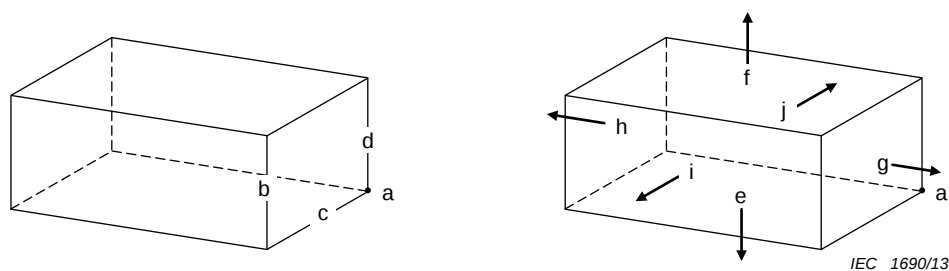
7.6.4 Procédure d'essai

L'emballage d'essai est soulevé au-dessus d'une surface plane et rigide et lâché pour heurter cette surface après une chute libre. Les conditions atmosphériques, la hauteur de chute et l'orientation de l'emballage sont prédéterminées. L'emballage d'essai doit avoir l'une des orientations prédéterminées suivantes pour que l'impact sur un spécimen soit conforme à l'Article 7 et à l'Annexe de l'ISO 2248:1985, en utilisant la méthode d'identification donnée dans l'ISO 2206. L'impact sur une face, l'impact sur un bord et l'impact sur un coin sont les types d'orientation de chute de base à choisir, et les chutes multiples d'un type d'orientation ou d'une combinaison de 2 ou 3 types d'orientation sont plus réalistes pour contrôler l'endurance mécanique sous différents impacts verticaux pendant les processus d'expédition et de manipulation.

L'ordre des orientations de chute indiqué dans le Tableau 7 est un exemple de séquence d'essais pour un emballage de transport de OLED pour applications mobiles.

Tableau 7 – Exemples de séquence de chutes d'emballage

Ordre de chute	Description
coin a	Coin a sur lequel une chute est considérée la plus faible.
bords b, c, d	Bords connectés au coin a.
faces e, f, g, h, i, j	La face e est la face de dessous lorsque le coin a, est placé comme indiqué sur la Figure 5. Les faces f, g, h, i et j sont la face de dessus, la face de droite, la face de gauche, la face avant et la face arrière, respectivement.



Voir le Tableau 7.

Figure 5 – Ordre de chute d'emballage de transport

La tolérance sur la taille dans l'orientation prédéterminée est inférieure à $\pm 2\%$ de la hauteur de chute prédéterminée. Pour des chutes sur un bord ou sur un coin, l'angle entre une surface prédéterminée et la surface horizontale ne doit pas dépasser la plus grande des valeurs parmi $\pm 5^\circ$ ou $\pm 10\%$ de l'angle.

7.6.5 Evaluation

Les contrôles visuels, dimensionnels et fonctionnels doivent être effectués et comparés comme cela est décrit au 6.1 de la présente norme.

7.7 Essai de force d'adhérence

7.7.1 But

Le but de cet essai est de mesurer la force de liaison ou de déterminer la conformité aux exigences de force de liaison spécifiées. Cet essai est destiné à montrer la force de liaison d'une carte de circuit imprimé flexible (FPCB) sur des modules OLED utilisés pour des applications mobiles. La force d'adhérence est considérée comme la force de liaison divisée par la portée d'essai et peut être utilisée pour comparer des spécimens de différentes tailles.

7.7.2 Procédure d'essai

Après avoir fixé le substrat dans un module OLED, un spécimen de FPCB doit être tiré avec une jauge "pousser-tirer" ou équivalent jusqu'à ce qu'il soit complètement retiré du dispositif, comme cela est représenté à la Figure 6. Il existe différentes manières de serrer le spécimen de FPCB et de préparer le spécimen de FPCB à tirer. En raison de la difficulté d'attacher un FPCB de pleine portée, il peut être nécessaire de couper le reste de la FPCB pour obtenir une portée d'essai appropriée après l'assemblage. La portée d'essai recommandée est de 10 mm. L'emplacement de la portée d'essai sur toute la portée de la FPCB doit être spécifié comme la partie gauche, centrale, droite ou n'importe quelle partie désignée. Les spécimens doivent être préparés avec une position de portée d'essai ou une combinaison de plusieurs positions de portée d'essai. Au moins six échantillons doivent être évalués. L'échantillon de FPCB doit être fermement attaché et doit être tiré jusqu'à une défaillance, comme cela est représenté à la Figure 6. La force de liaison est une valeur maximale indiquée par la jauge. Dans tous les cas, que le spécimen soit tiré sur toute la portée de la FPCB ou sur une partie de la portée, la force d'adhérence est considérée comme la valeur de la jauge divisée par la portée d'essai. La direction de la traction et du dispositif lié doit être maintenue perpendiculaire pendant l'essai. Il convient que la vitesse de traction soit suffisamment faible, comme cela est décrit au 7.4.5.1.

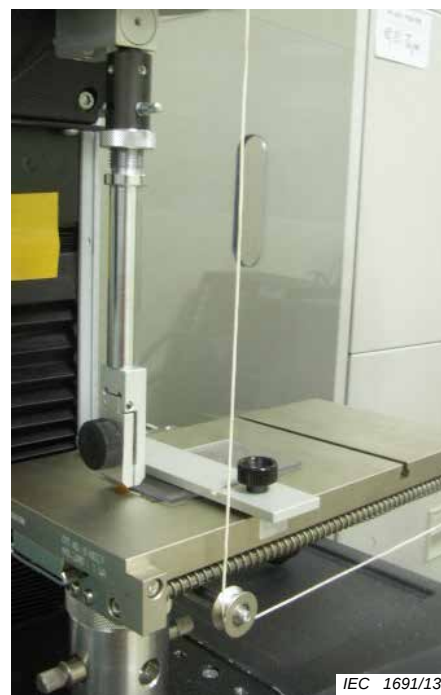
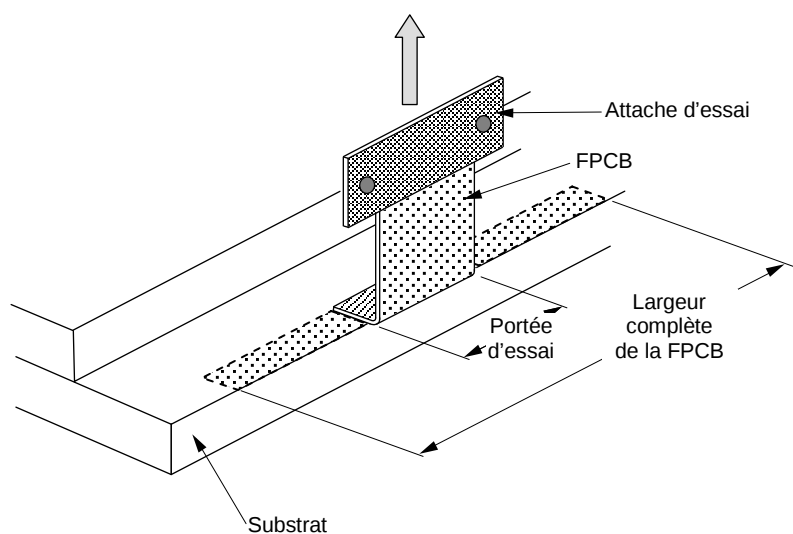


Figure 6 – Exemple d'essai de force d'adhérence

7.7.3 Evaluation

La force d'adhérence est égale à la valeur minimale des résultats d'essai des spécimens. Il faut noter que les données d'essai contenant un défaut de jeunesse due à un défaut dans le spécimen FPCB doivent être éliminées de la réduction des données pour le rapport final. La force d'adhérence minimale et moyenne par unité de longueur doit être indiquée. Les modes de défaillance, le nombre de spécimens et les conditions de l'essai peuvent également être indiqués si la spécification applicable le requiert.

Annexe A (informative)

Exemple de réduction de données d'essai brutes pour un essai de courbure à quatre points

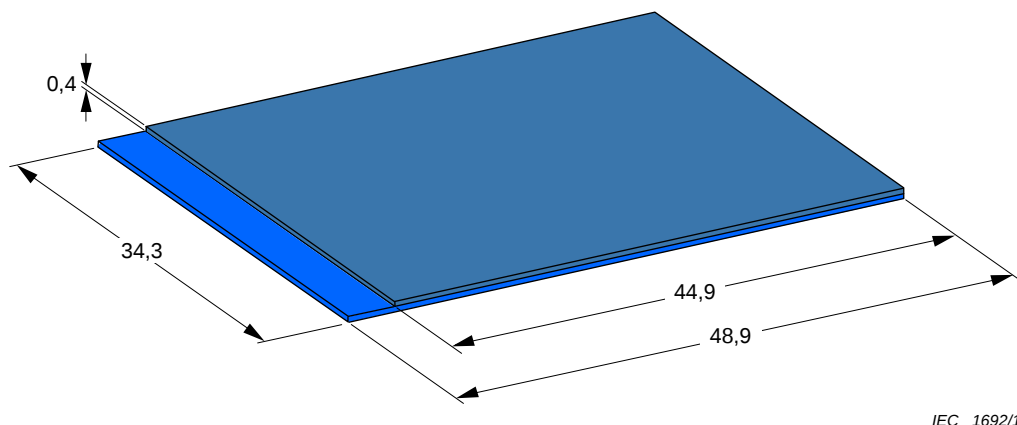
A.1 But

Le but de cet exemple est d'expliquer comment associer la résistance d'un spécimen d'essai aux résultats de l'essai de courbure à quatre points, comme cela est décrit au 7.5.6.2. En combinant les résultats d'un essai de courbure à quatre points et un facteur de conversion issu de l'analyse par la méthode des éléments finis (FEA), les charges de défaillance sont converties en données de résistance correspondantes avant de les adapter à une distribution de Weibull [1] pour obtenir une estimation statistique de la résistance. Cet exemple d'essai doit être utilisé seulement pour démontrer le processus de conversion et ne doit pas être utilisé directement à d'autres fins sans vérifier son applicabilité.

A.2 Résultats d'essais d'un échantillon

Un panneau OLED de 50,8 mm est choisi pour démontrer le processus d'extraction des données. Les dimensions du spécimen sont 34,3 mm de largeur et 48,9 mm de longueur, comme cela est représenté à la Figure A.1. L'épaisseur des verres avant et arrière est 0,4 mm et l'épaisseur du joint d'étanchéité est 0,01 mm.

Dimensions en millimètres



IEC 1692/13

Figure A.1 – Dimensions du spécimen utilisé pour l'essai d'un échantillon

A partir de l'exemple de spécification donné au Tableau 6, la portée de charge (S_L) et la portée de support (S_S) peuvent être choisies pour mesurer 20 mm et 40 mm, comme cela est représenté à la Figure 4a), respectivement. Des courbes représentatives charge/déplacement pour 25 spécimens sur un ensemble de 30 spécimens sont représentées à la Figure A.2. La charge de défaillance est déterminée comme la valeur de crête avant que chaque courbe commence à descendre brutalement. La pente de chaque courbe peut être utilisée pour contrôler ou compenser si le spécimen en essai dévie ou non par rapport aux autres, ainsi que par rapport à la rigidité en flexion attendue pour la structure du spécimen donné. L'augmentation progressive de la première partie linéaire de chaque courbe provient de la légère différence de synchronisation du contact initial entre les deux barres de charge et la surface supérieure du spécimen. Le Tableau A.1 montre des résultats de données d'essai brutes pour des charges de défaillance et leurs pentes (charge/extension) pour cet ensemble de spécimens.

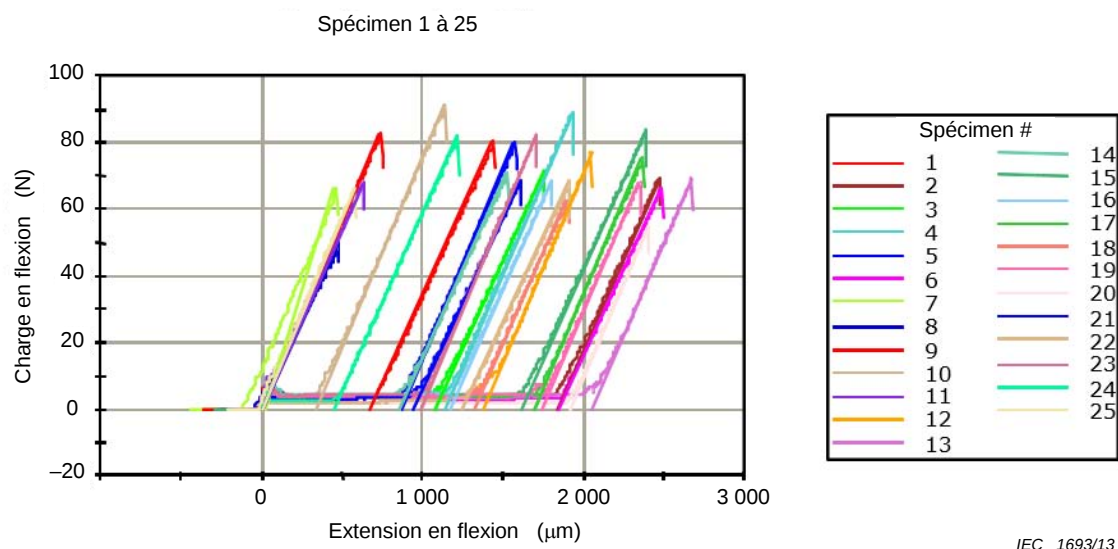


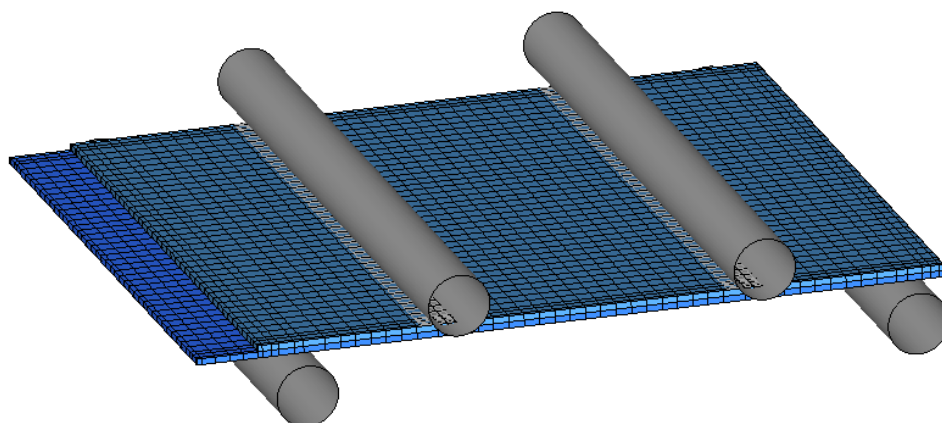
Figure A.2 – Exemples de résultats d'essai: courbes charge/déplacement

Tableau A.1 – Résultats des données d'essai brutes

N°	Force (N)	Pente (N/mm)	N°	Force (N)	Pente (N/mm)	N°	Force (N)	Pente (N/mm)
1	81,24	109,5	11	66,35	104,0	21	67,33	99,8
2	68,01	106,7	12	75,07	113,8	22	66,54	101,6
3	69,97	102,8	13	67,62	109,6	23	80,16	110,2
4	87,02	109,0	14	69,19	104,0	24	80,26	106,0
5	78,20	111,0	15	81,73	104,9	25	64,97	111,6
6	65,27	101,6	16	66,93	105,8	26	73,99	109,2
7	65,17	149,2	17	73,40	111,8	27	78,60	108,2
8	47,92	100,8	18	61,64	105,6	28	78,11	108,1
9	78,89	104,8	19	66,05	109,0	29	78,89	109,4
10	89,08	111,4	20	53,31	108,6	30	73,60	115,4

A.3 Analyse par la méthode des éléments finis (FEA)

Pour convertir les données de charge de défaillance d'essai, F en résistance $\sigma_{\max}$ de chaque spécimen, on suppose généralement qu'il existe une relation linéaire entre F et $\sigma_{\max}$, telle que $\sigma_{\max} = B \times F$, où B est un facteur de conversion. Un tableau des facteurs de conversion peut être préparé à l'avance à partir d'une série de simulations de FEA pour une gamme de largeurs et d'épaisseurs du spécimen avec différentes combinaisons de portées de charge et de portées de support. Le tableau de conversion est généralement applicable à une utilisation limitée quand les matériaux et les structures des produits des panneaux sont similaires. Par exemple, un tableau de conversion peut être appliqué sans réserve pour une gamme limitée de tailles dans un seul produit si des matériaux et des conceptions similaires sont utilisés. Néanmoins, il n'est pas pratique d'établir un tableau de conversion universel qui couvre tous les produits en raison de limitations pratiques lorsque les processus de simulation impliquent non seulement un grand nombre de variables, telles que les propriétés des matériaux et les structures des panneaux, mais également en raison du nombre d'estimations d'erreurs numériques inhérentes dans différentes approches de mise en œuvre de la simulation par FEA et de l'adaptation des courbes.



IEC 1694/13

Figure A.3 – Modèle de méthode des éléments finis d'un spécimen d'essai

Bien que les étapes détaillées de l'analyse par la méthode des éléments finis ne doivent pas être indiquées ici, certains points critiques peuvent être présentés. La Figure A.3 représente un modèle de méthode des éléments finis du spécimen et le montage d'essai associé. La géométrie du spécimen est utilisée pour construire un spécimen maillé et les cylindres de charge et de support dans le montage d'essai sont modélisés par un corps rigide. Pour simuler l'essai de courbure à quatre points, il existe des étapes bien plus détaillées dans ce processus de modélisation, telles que l'attribution des propriétés des matériaux à chaque composant du système, le choix des types d'éléments pour le panneau et le matériau assurant l'étanchéité, ainsi que les conditions sur les contacts et les frontières à appliquer par les cylindres. Puisque l'essai est effectué assez lentement pour négliger tout effet dynamique significatif, la simulation peut être considérée comme une analyse statique ou comme une analyse quasi statique en utilisant un système d'analyse dynamique et en choisissant une vitesse de charge dans la gamme considérée comme donnant des effets dynamiques négligeables, comme cela est spécifié au 7.4.5. Dans cet exemple, deux éléments de milieu continu quadrilatéraux en trois dimensions sont utilisés dans la direction de l'épaisseur pour modéliser les deux couches de verre. Des simulations ont été effectuées avec un emballage FEA commercial, code implicite ABAQUS, ver.6.9². Pour des spécimens minces, la déformation avant défaillance peut dépasser de plus que quelques pourcents la portée de support et dépasser l'épaisseur du spécimen. Dans ce cas, comme le précise le paragraphe 7.5.6.2, la contrainte sur la membrane qui se développe à la surface du spécimen devient non-négligeable et il convient d'appliquer la théorie de la géométrie non-linéaire [7]. En conséquence, le facteur de conversion B ne sera plus une constante, mais une variable fonction du niveau de la charge de défaillance. Dans cet exemple, la théorie linéaire a été appliquée parce que la défaillance s'est produite à moins de 2 % de la portée de support.

Les Figures A.4 à A.6 représentent un exemple des résultats de simulation pour le spécimen avec une largeur de 40 mm lorsque les barres de charge sont réglées pour descendre de 2 mm vers le spécimen. Dans la Figure A.5, la contrainte principale maximale autour de 570 MPa a été développée près du bord dans la surface inférieure du spécimen. Puisque la résistance du spécimen est beaucoup plus faible le long du bord qu'à l'intérieur de la surface, la contrainte maximale le long du bord doit être collectée et utilisée pour établir la relation entre la charge appliquée et la contrainte maximale réalisée. Dans la Figure A.6, la contrainte principale maximale et la contrainte de bord maximale sont indiquées sur la surface inférieure du spécimen.

La contrainte de bord près de l'emplacement de la contrainte principale maximale peut être trouvée en recherchant des nœuds de bords voisins. Puisque l'essai est contrôlé par un déplacement de haut en bas des barres de charge, la charge et le rapport de contrainte dû à

² ABAQUS est le nom d'un produit distribué par Dassault Systèmes Simulia Corp. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande l'emploi exclusif du produit ainsi désigné. Des produits équivalents peuvent être utilisés s'il peut être démontré qu'ils conduisent aux mêmes résultats.

cette charge externe sont couplés au niveau de déplacement des barres de charge. Pour chaque déplacement incrémental de la barre de charge, les contraintes de bord maximales et les forces de réaction correspondantes provenant des deux barres de support peuvent être extraites des résultats de simulation et les deux valeurs sont liées l'une à l'autre.

La forme finale de la relation entre la charge de défaillance donnée et la force correspondante après la simulation est représentée sur la Figure A.7. En raison de la légère non-linéarité de l'adaptation de la courbe sur toute la gamme de charge (2 mm), seule la partie inférieure de la gamme de charge de défaillance a été adoptée pour obtenir une adaptation linéaire précise, comme cela est représenté à la Figure A.8.

Noter que la charge de défaillance mesurée doit se trouver dans la gamme d'adaptation linéaire, avec un coefficient de corrélation relativement élevé, au moins 95 %. Dans cet exemple, la charge de défaillance de l'essai est au plus inférieure à 100 N et ne dépasse pas la gamme d'adaptation. Le facteur de conversion final B vaut 1,74 à partir de la pente de la ligne d'adaptation. Finalement, il est conseillé de contre-vérifier la validité du facteur de conversion en contrôlant si la rigidité en flexion du panneau obtenue par simulation correspond étroitement aux pentes correspondantes des données d'essai dans le Tableau A.1.

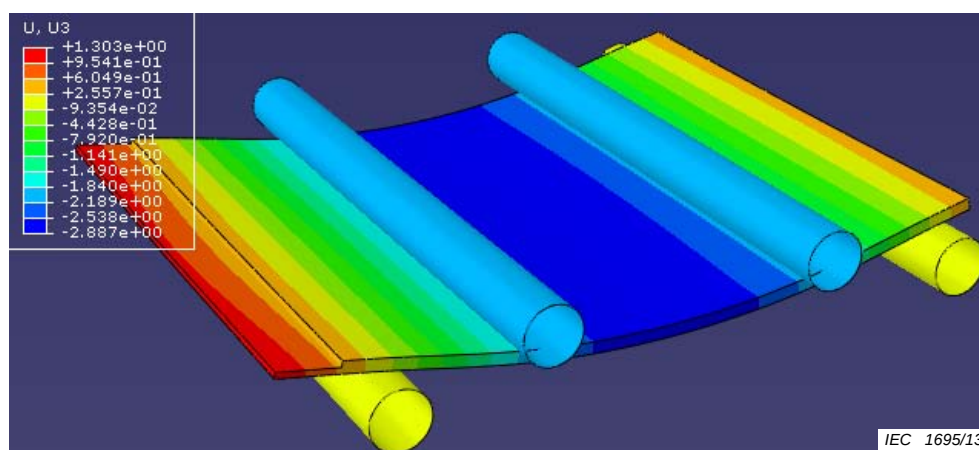
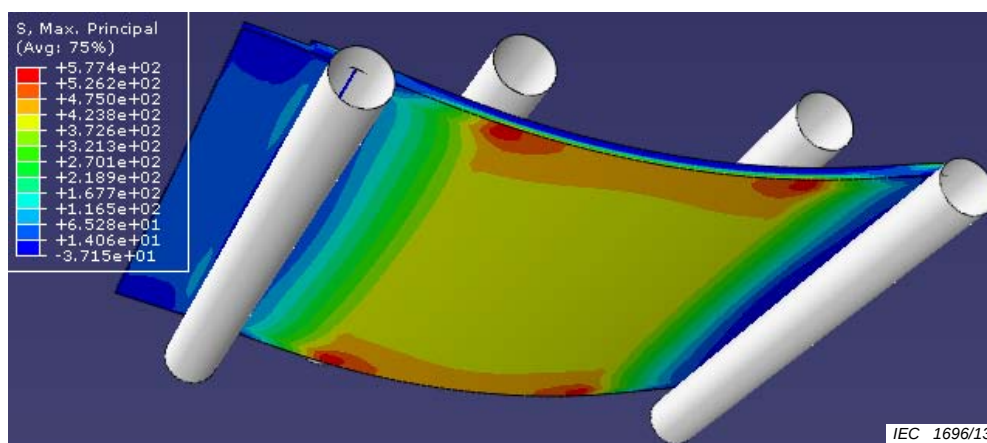


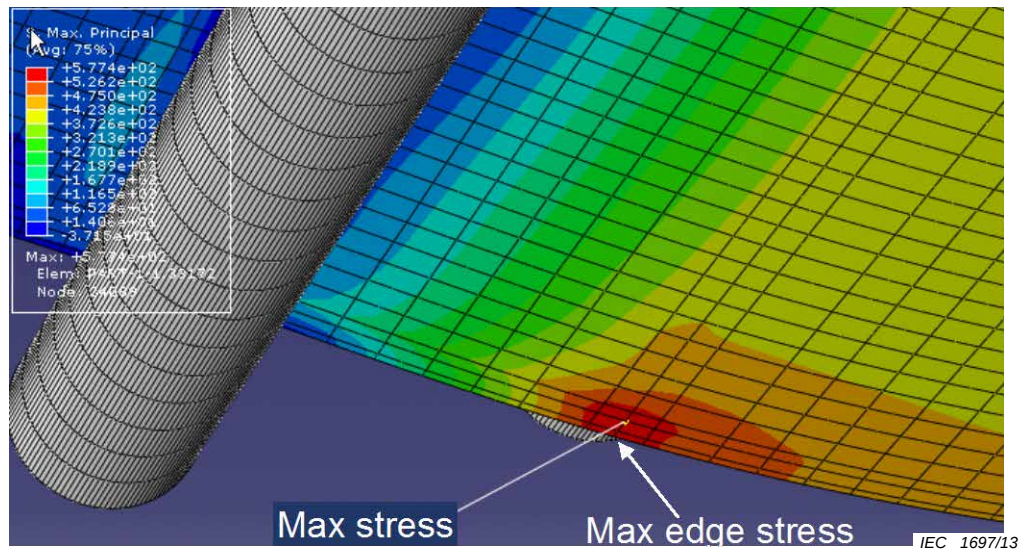
Figure A.4 – Carte de profil de déplacement après avoir descendu de 2 mm une barre de charge



Légende

Anglais	Français
S Max Principal	Contrainte principale maximale
Avg	Moyenne

Figure A.5 – Carte de profil de distribution de contraintes principales maximales



Légende

Anglais	Français
S Max Principal	Contrainte principale maximale
Avg	Moyenne
Node	Nœud
Max stress	Contrainte max
Max edge stress	Contrainte de bord max

Figure A.6 – Contrainte principale maximale et contrainte maximale le long du bord

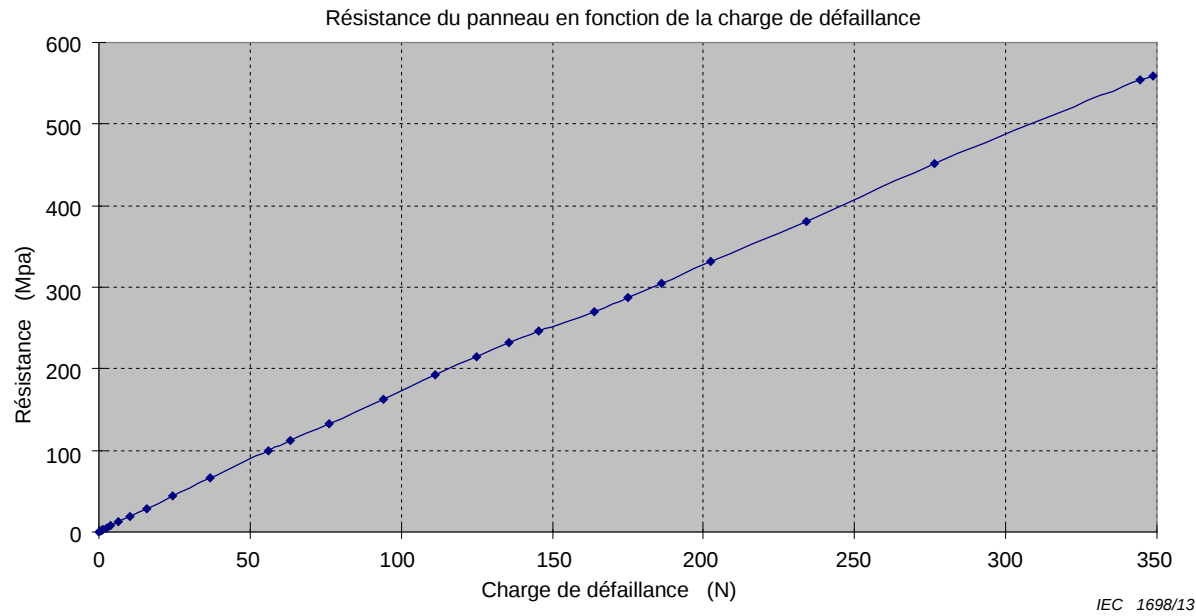


Figure A.7 – Relation finale entre résistance de panneau et charge de défaillance

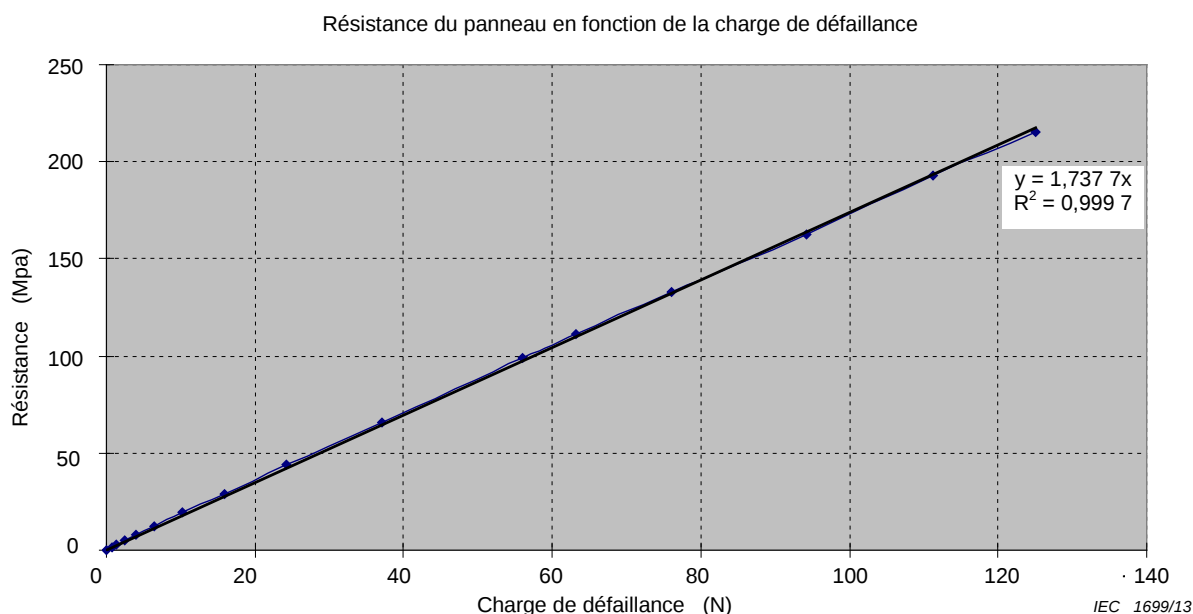


Figure A.8 – Extraction du facteur de conversion par adaptation linéaire

A.4 Utilisation du facteur de conversion

Pour une largeur de 30 mm et 35 mm, on peut appliquer la même procédure que celle pour une largeur de 40 mm, comme cela est présenté à l'Article A.3. Le Tableau A.2 présente un exemple de tableau de conversion pour une largeur limitée.

Puisque la taille du spécimen d'une largeur de 34,3 mm et d'une épaisseur de 0,4 mm ne correspond pas exactement aux chiffres du Tableau A.2, le facteur de conversion, B de 1,93, pourrait être calculé à partir de l'interpolation linéaire entre les valeurs de largeur 30 mm et 35 mm.

Théoriquement, la relation entre le facteur conversion et l'épaisseur du panneau ou la largeur du panneau n'est pas exactement linéaire, mais on suppose que l'intervalle d'échantillonnage pour le calcul du facteur de conversion à partir de la simulation est assez petit pour que l'erreur d'adaptation puisse être négligée pendant l'interpolation linéaire.

**Tableau A.2 – Exemple de facteur de conversion
($t = 0,4$ mm, portée d'essai = 20 mm/40 mm)**

Largeur (mm)	30	35	40
Facteur de conversion	2,12	1,90	1,74

Tableau A.3 – Charge de défaillance et données de résistance converties

N°	Force (N)	Résistance (MPa)	N°	Force (N)	Résistance (MPa)	N°	Force (N)	Résistance (MPa)
1	81,24	156,8	11	66,35	128,1	21	67,33	129,9
2	68,01	131,3	12	75,07	144,9	22	66,54	128,4
3	69,97	135,0	13	67,62	130,5	23	80,16	154,7
4	87,02	167,9	14	69,19	133,5	24	80,26	154,9
5	78,20	150,9	15	81,73	157,7	25	64,97	125,4
6	65,27	126,0	16	66,93	129,2	26	73,99	142,8
7	65,17	125,8	17	73,40	141,7	27	78,60	151,7
8	47,92	92,5	18	61,64	119,0	28	78,11	150,8
9	78,89	152,3	19	66,05	127,5	29	78,89	152,3
10	89,08	171,9	20	53,31	102,9	30	73,60	142,0

Avec le facteur de conversion égal à 1,93 pour une largeur de spécimen de 34,3 mm, toutes les données d'essai dans le Tableau A.1 peuvent être converties directement en données de résistance correspondantes en les multipliant simplement par B , comme indiqué dans le Tableau A.3.

A.5 Evaluation

Pour une évaluation normalisée de la force, il est recommandé d'appliquer une distribution de Weibull pour déterminer la résistance B_{10} et le facteur de forme. Ces facteurs sont communément donnés en référence pour évaluer la qualité de coupe des spécimens. La Figure A.9 montre le résultat de l'adaptation d'une courbe à une distribution de probabilité de Weibull avec une variation statistique liée à la dispersion des données (facteur de forme) et à la résistance moyenne (facteur d'échelle). Elle donne également toute la gamme de probabilité de défaillance pour le niveau de résistance converti. Le facteur de forme de 9,3 est déterminé à partir du résultat des paramètres d'adaptation de Weibull. La Figure A.10 est un tracé de la probabilité de défaillance en fonction de la contrainte de bord convertie. La résistance B_{10} peut facilement être déterminée à partir des données provenant de la figure, et vaut 114,6 MPa. Le facteur de forme de 9,3 et la résistance B_{10} de 114,6 MPa constituent deux des résultats essentiels à indiquer, et ces valeurs sont généralement contrôlées pour la qualité de coupe des spécimens par la spécification applicable.

Il est également permis de changer l'ordre du processus de conversion, de telle sorte que les données de charge sont d'abord adaptées, puis converties en résistance B_{10} en les multipliant par le facteur de conversion, B .

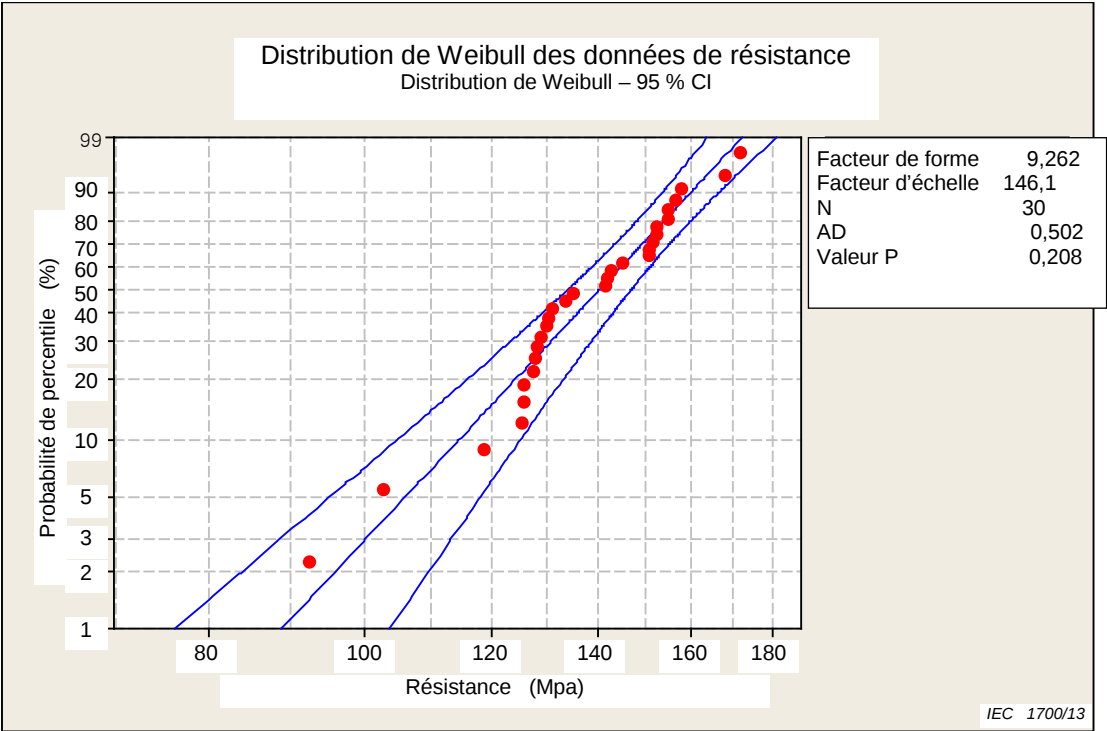


Figure A.9 – Exemple de distribution de Weibull de données de résistance et statistiques

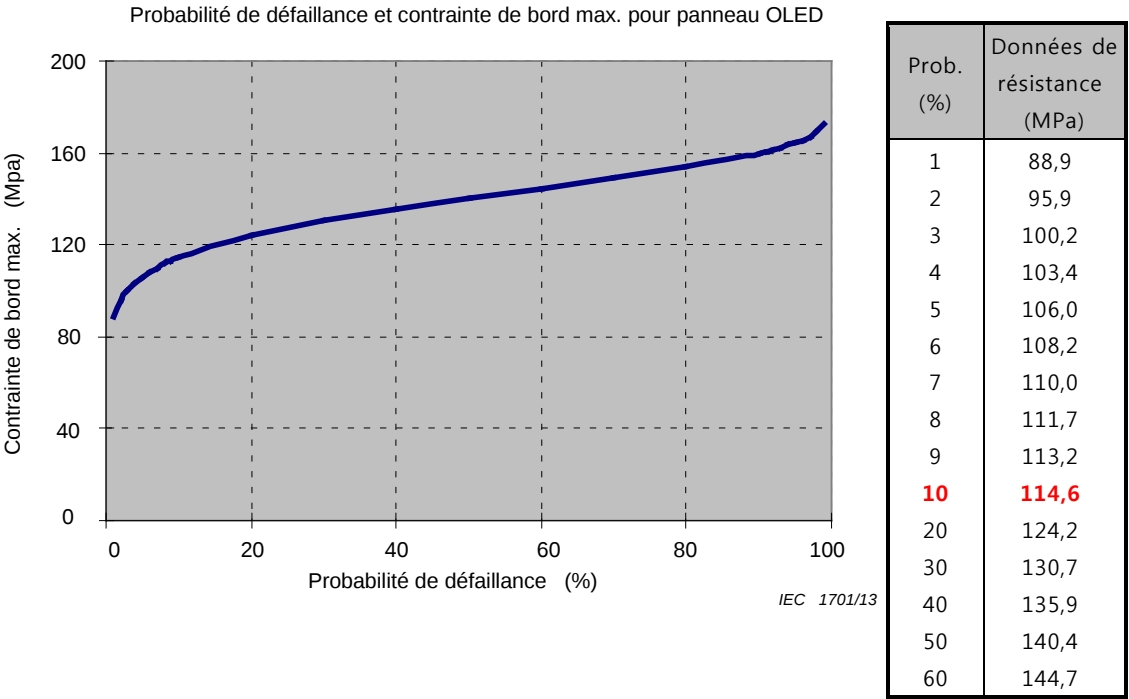


Figure A.10 – Distribution de probabilité de défaillance adaptée de données de résistance

Bibliographie

- [1] Weibull, W., "A *Statistical Distribution Function of Wide Applicability*," Journal of Applied Mechanics 18, 293-297 (1951).
 - [2] ASTM Standards C158-02, *Standard Test Methods for Strength of Glass by Flexure (Determination of Modulus of Rupture)*, Réapprouvé en 2007.
 - [3] ASTM Standards C1161-02c, *Standard Test Method for Flexural Strength of Advanced Ceramics at Ambient Temperature*, Réapprouvé en 2008.
 - [4] Shand, E.B. "Breaking Stresses of Glass Determined from Dimensions of Fracture Mirrors", Journal of American Ceramic Society 42, N° 10, 474-77 (1959).
 - [5] Mecholsky, J.J., Rice, R.W. and Freiman, S.W. "Prediction of Fracture Energy and Flaw Size in Glasses from Measurements of Mirror Size", Journal of American Ceramic Society 57, N° 10, 440-443 (1974).
 - [6] Quinn, G.D. "Flexure Strength of Advanced Structural Ceramics: A Round Robin," Journal of American Ceramic Society 72, N° 8, 2374-2384 (1990).
 - [7] Cook, R.D. *Concepts and Applications of Finite Element Analysis*. 2^{ème} Edition, 248 (1981).
-

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