

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Flexible display devices –
Part 6-1: Mechanical stress test methods**

**Dispositifs d'affichage flexibles –
Partie 6-1: Méthodes d'essais de contraintes mécaniques**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
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.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 online 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 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC 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 l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

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

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC 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.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. 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 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 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

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.



IEC 62715-6-1

Edition 1.0 2014-02

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Flexible display devices –
Part 6-1: Mechanical stress test methods**

**Dispositifs d'affichage flexibles –
Partie 6-1: Méthodes d'essais de contraintes mécaniques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

M

ICS 31.120

ISBN 978-2-8322-1385-8

**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.....	3
1 Scope	5
2 Normative references	5
3 Standard atmospheric conditions	5
4 Evaluations – Visual evaluation of panel image quality	5
5 Mechanical stress test methods	5
5.1 General.....	5
5.2 Cyclic bending test.....	6
5.2.1 General	6
5.2.2 Purpose	6
5.2.3 Test apparatus	6
5.2.4 Test procedure	6
5.3 Static bending test	7
5.3.1 General	7
5.3.2 Purpose	7
5.3.3 Test apparatus	7
5.3.4 Test procedure	7
5.4 Combined bending test	7
5.4.1 General	7
5.4.2 Purpose	8
5.4.3 Test apparatus	8
5.4.4 Test procedure	8
5.5 Rolling test.....	8
5.5.1 General	8
5.5.2 Purpose	8
5.5.3 Test apparatus	9
5.5.4 Test procedure	9
5.6 Torsion test.....	9
5.6.1 General	9
5.6.2 Purpose	9
5.6.3 Test apparatus	9
5.6.4 Test procedure	10
5.7 Tension test.....	10
5.7.1 General	10
5.7.2 Purpose	11
5.7.3 Test apparatus	11
5.7.4 Test procedure	11
Bibliography.....	12
Figure 1 – Apparatus for diverse cyclic bending test	6
Figure 2 – Apparatus for static bending test.....	7
Figure 3 – Apparatus for combined bending tests consisting of cyclic bending test and static bending test.....	8
Figure 4 – Apparatus for rolling test	9
Figure 5 – Apparatus for diverse torsion test.....	10
Figure 6 – Apparatus for tension test	11

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FLEXIBLE DISPLAY DEVICES –

Part 6-1: Mechanical stress test 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 62715-6-1 has been prepared by IEC technical committee 110: Electronic display devices.

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

CDV	Report on voting
110/452/CDV	110/513/RVC

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 the parts in the IEC 62715 series, under the general title *Flexible display devices*, 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.

FLEXIBLE DISPLAY DEVICES –

Part 6-1: Mechanical stress test methods

1 Scope

The object of this part of IEC 62715 is to define the standard test methods to evaluate the mechanical stability of flexible display modules which include displays such as LCD, e-paper, and OLED. It takes into account, wherever possible, the mechanical test methods outlined under mechanical stress.

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

3 Standard atmospheric conditions

The standard atmospheric conditions in IEC 62341-5:2009, 5.3, shall apply unless otherwise specifically agreed between customer and supplier. The standard atmospheric conditions shall be a temperature of $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, relative humidity between 45 % and 75 %, and atmospheric pressure between 86 kPa and 106 kPa. When all the kinds of tests are carried out, the temperature condition shall be commented because the temperature is critical for the bending and rolling stability regarding image quality on the panel.

4 Evaluations – Visual evaluation of panel image quality

The specimen shall be the display module since the final evaluation has to be made based on panel image quality such as luminance, chromaticity, uniformity, line defect, and point defect. The bending stress may cause the deterioration of image quality on a panel, [1] to [9]¹. The allowable critical bending radius of a panel depends on the application of the flexible display. Therefore, the required critical bending radius will be changed case by case.

5 Mechanical stress test methods

5.1 General

Flexible displays have a diversity of shape in comparison with non-flexible displays. Therefore, a wide variety of mechanical stress test methods is available, such as a cyclic bending (folding) or dynamic bending test, a static bending test, a rolling test, a combined mechanical test and more. The selection of the appropriate test methods shall be based on the requirement of the application. For each mechanical stress test, the relevant test method specification shall be stated along with the explanation of the purpose of each unique test.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

5.2 Cyclic bending test

5.2.1 General

This procedure is for conditioning the sample under mechanical stress by repeated bending.

5.2.2 Purpose

The purpose of this test is to provide a standard procedure for evaluating the robustness of a flexible display against a cyclic bending stress which might typically happen in application. The bending properties might cover several typical parameters of the characteristics of display panel image quality. The typical parameters of display panel image quality might cover the luminance, chromaticity, uniformity, line defect, and point defect.

5.2.3 Test apparatus

The cyclic bending test equipment includes the clamp to hold a bending test sample, the moving part to shuttle, and the control system which regulates the number of cyclic bending, the moving distance, and the moving speed while testing. The specimen shall be securely clamped with a gripping part during the test. Several cyclic bending test equipments are available and shown in Figure 1, [4],[7],[10]. It is not necessary that a certain type of bending test equipment be preferred but the constant bending radius (r), equal to the radius of the rod, should be kept during the bending test. The specimen experiences bending stress when the specimen is shuttled back and forth (Figure 1a) or while the specimen is folded and unfolded (Figure 1b)).

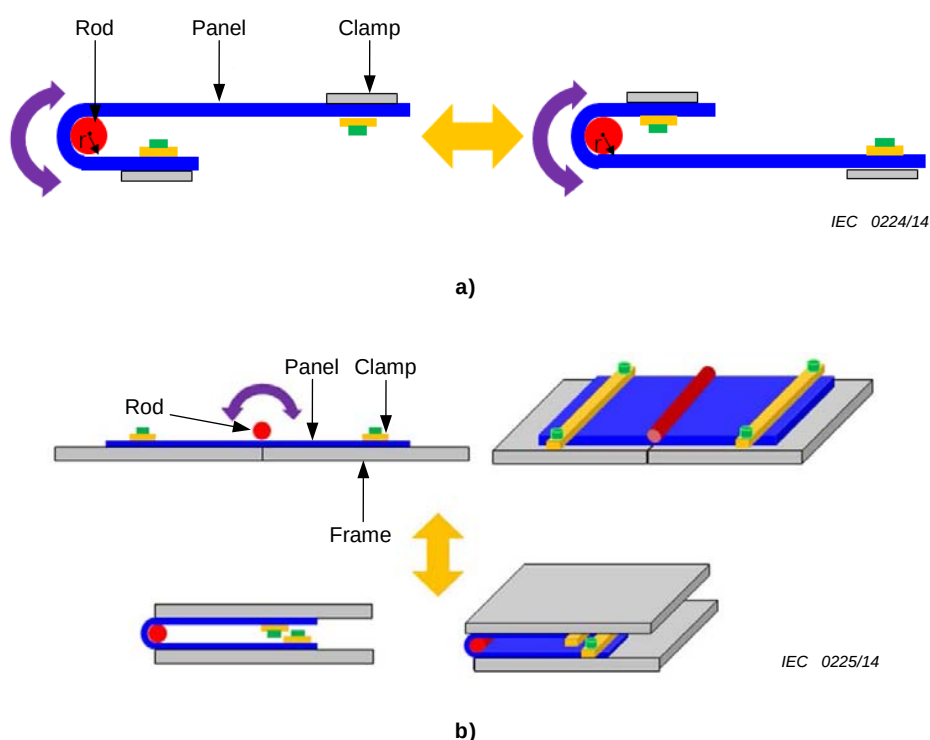


Figure 1 – Apparatus for diverse cyclic bending test

5.2.4 Test procedure

The cyclic bending test shall be performed using repeated motion to move regularly between two points or two states (folded state and unfolded state). For each test, the moving speed, the bending radius and the number of cyclic bending should be mentioned, because the characteristics of the image quality displayed on the module might depend on these elements. The direction in which the specimen faces shall be stated, such as face-up or face-down. For example, the conditions shall be selected as below:

r (bending radius): 20 mm, 10 mm, 5 mm, 3 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,2 mm, 0,1 mm

t (time for one bend and interval): 0,5 s, 1 s, 2 s, 3 s, 5 s, 10 s

All the conditions shall be reported if the test uses the conditions other than the conditions given above.

5.3 Static bending test

5.3.1 General

This test is especially applicable for evaluating the bending properties of a flexible display device by measuring its performance after it remains bent for a certain period of time. Each specimen is bent at a fixed bending radius for any length of time.

5.3.2 Purpose

This test is to provide a standard procedure for evaluating the bending properties of a flexible display device under constant stress for a certain period of time. Each specimen is bent at a fixed bending radius for a controlled length of time.

5.3.3 Test apparatus

The body of the display panel shall firmly adhere to the surface of the test equipment during the test, where the test equipment should have a round shape with a certain radius as in Figure 2. The specimen shall be bent at a fixed bending radius for a period of time. During the test, the FPC (flexible printed circuit) and the driver should be carefully handled in order not to cause bending damage on them. The COF (chip on film) method is preferable in order to avoid the occurrence of bending damage on the driver IC during the bending test.

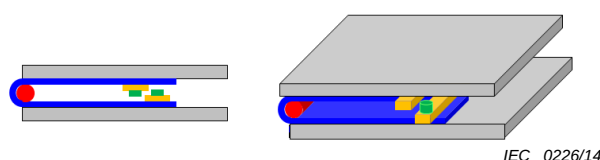


Figure 2 – Apparatus for static bending test

5.3.4 Test procedure

The static time bending test shall be carried out with a fixed bending radius for a certain period of time. For each test, the bending radius and the period of time shall be mentioned because the static bending properties of the characteristics of the display panel image quality might depend on the bending radius and the period of time.

5.4 Combined bending test

5.4.1 General

This test is especially applicable for evaluating two kinds of combined bending properties (cyclic bending properties and static bending properties (see Figure 3)) of the flexible display device, after the flexible display remains in the curved shape for a certain period of time and goes through the cyclic bending condition for a certain period of time in real usage environment.

5.4.2 Purpose

The objective of this test is to provide a standard procedure for evaluating the combined bending properties of cyclic bending and duration time bending. This test aims to take the real product usage environment into consideration where the real product keeps the panel in a curved, folded, or rolled shape for a long time when it is used or before it is rolled out.

5.4.3 Test apparatus

The combined bending test utilizes the same apparatus as the cyclic bending test as shown in Figure 3. The instrument controller shall be capable of stopping the mechanism while the sample is in a bent state during each iteration of the cycle.

5.4.4 Test procedure

The cyclic bending test procedure is modified to include a pause of adjustable duration between each iteration of the cycle where the specimen remains in a fully bent state [4]. The entire test sequence and all of the test conditions of the cyclic bending test part and the static bending test part shall be reported to ensure reproducibility.

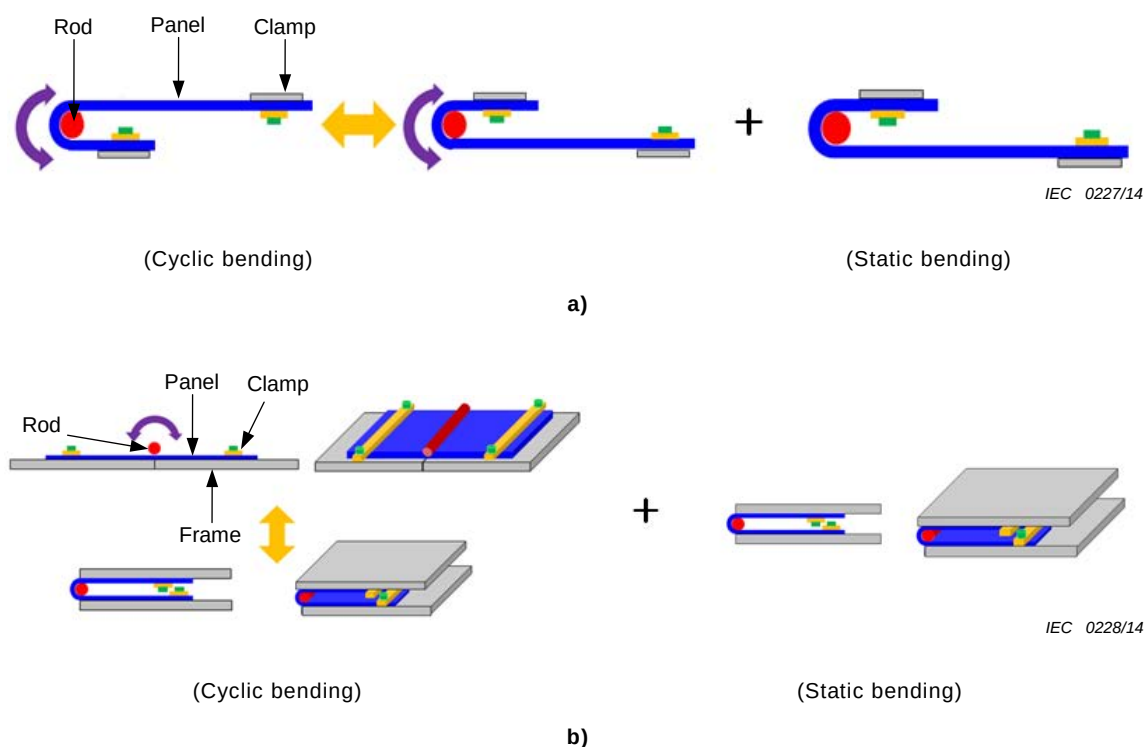


Figure 3 – Apparatus for combined bending tests consisting of cyclic bending test and static bending test

5.5 Rolling test

5.5.1 General

This test is especially applicable for evaluating the rolling properties of a flexible display module after a flexible display is rolled out, rolled in, or remains in the shape of a roll.

5.5.2 Purpose

The objective of this test is to provide a standard procedure for evaluating the robustness of the rolling properties of the flexible display panel.

5.5.3 Test apparatus

The specimen shall be firmly clamped with a gripping part on the roller side and on the stationary side. The roller shall be reciprocated at a fixed distance, speed, and rolling number as in Figure 4. The roller side has the slot where the edge of the specimen is inserted and clamped. The roller repeatedly shuttles along the roller shaft and the specimen does not touch the plate of the equipment during the rolling test as shown in Figure 4. During the test, the FPC and the driver shall be carefully handled in order not to cause twist damage on them. The COF method is preferable in order to avoid the occurrence of twist damage on the driver IC during the bending test.

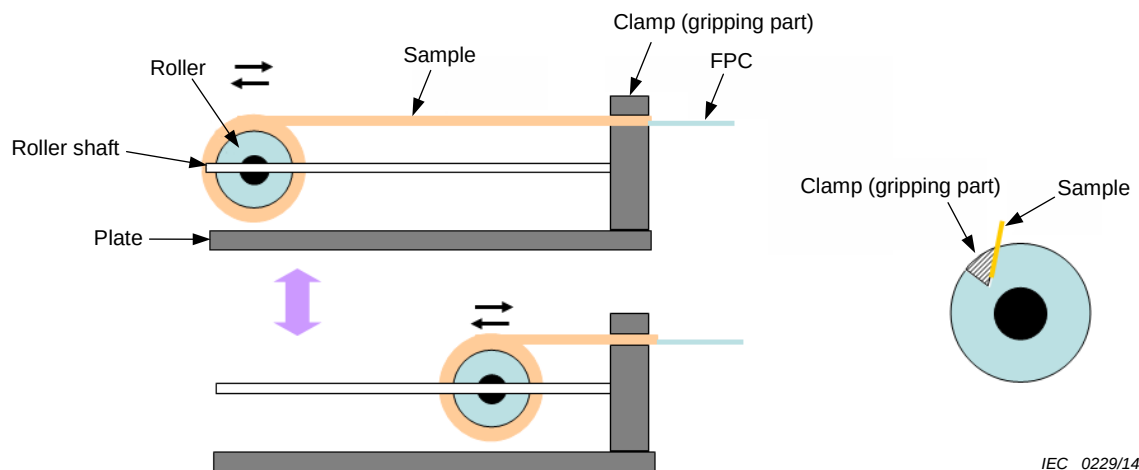


Figure 4 – Apparatus for rolling test

5.5.4 Test procedure

A fixed area of the specimen shall be cyclically wound and unwound around the roller. The winding rate and the cycle count will be controlled. The test conditions and settings shall be reported to ensure reproducibility.

5.6 Torsion test

5.6.1 General

This test is applicable for evaluating the torsion properties of a flexible display module after being subjected to torsion during a certain period of time. For flexible displays, torsion is likely to happen easily during usage.

5.6.2 Purpose

The objective of this test is to provide a standard procedure for evaluating the robustness of a flexible display device against cyclic torsion stress which might typically happen in the application.

5.6.3 Test apparatus

The specimen shall be firmly clamped and twisted at a certain degree of torsion angle, as shown in Figure 5, during the test. The specimen shall be securely clamped with an appropriate gripping part. During the test, the FPC and the driver shall be carefully handled in order not to cause twist damage on them. The edge of the sample with the FPC and the driver IC in the stationary side shall be fixed in order to avoid the occurrence of twist damage during the bending test. When the sample is twisted, the extra tension is applied on the side of the sample in addition to the twist tension. Therefore, the moving part in the stationary side shall move forward and backward during the test because the extra and unnecessary tension applied on the sample should be removed as shown in Figure 5a) and b).

5.6.4 Test procedure

The specimen shall repeatedly be twisted counter clockwise and clockwise at a fixed degree of twisting, a certain speed, and a certain number of twists. The test conditions of the torsion test such as twist speed and number of twists should be mentioned because the characteristics of the display panel image quality might depend on the test conditions mentioned in Clause 4.

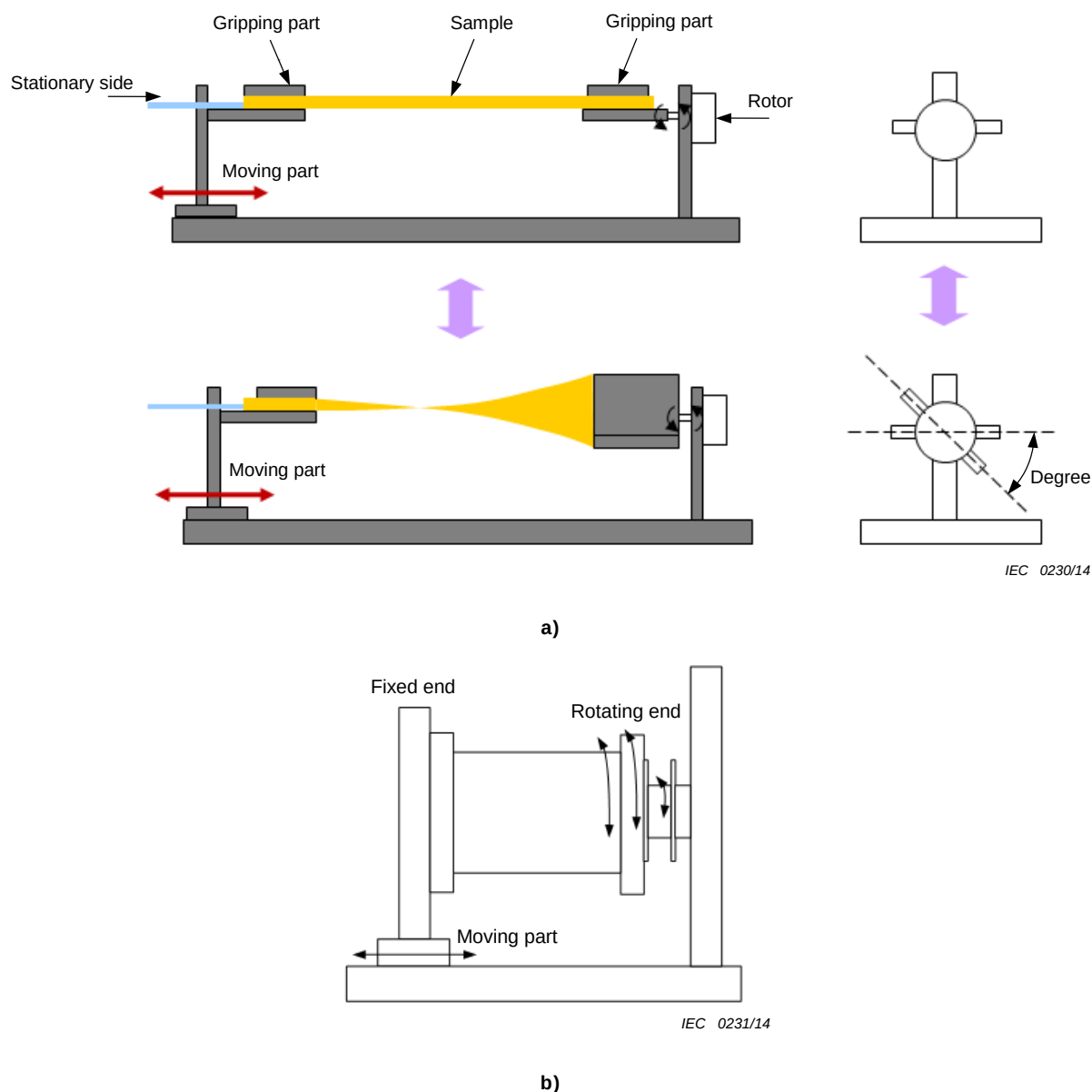


Figure 5 – Apparatus for diverse torsion test

5.7 Tension test

5.7.1 General

This test is applicable for evaluating the tension properties of a flexible display module after being subjected to a constant tension at the moment of the change between folding and unfolding and between roll-in and roll-out (see Figure 6).

5.7.2 Purpose

The objective of this test is to provide a standard procedure for evaluating the robustness of a flexible display device against cyclic tension stress which might typically happen in the application.

5.7.3 Test apparatus

The apparatus consists of a fixed and movable clamp in which the sample will be secured for the test. The movable clamp shuttles forward and backward, linearly at a set rate as shown in Figure 6. The instrument repeatedly applies and relieves the tension in the sample for a set number of cycles. During the test, the FPC and the driver shall be carefully handled in order not to cause tension damage on them. The edge of the sample with the FPC and the driver IC in the stationary side shall be fixed in order to avoid the occurrence of twist damage during the bending test.

5.7.4 Test procedure

The panel is secured and the movable clamp shuttles back and forth, applying and relieving tensile stress for a predetermined number of cycles. The rate of the movable clamp, tensile stress, tensile strain and cycle number shall be reported as well as the environmental conditions. The panel should be firmly clamped and only the panel is under repeated tension by shuttling the panel from the initial position under no tension to the given position under tension. The speed and tension strength should be mentioned because these factors might influence the tension properties of the device.

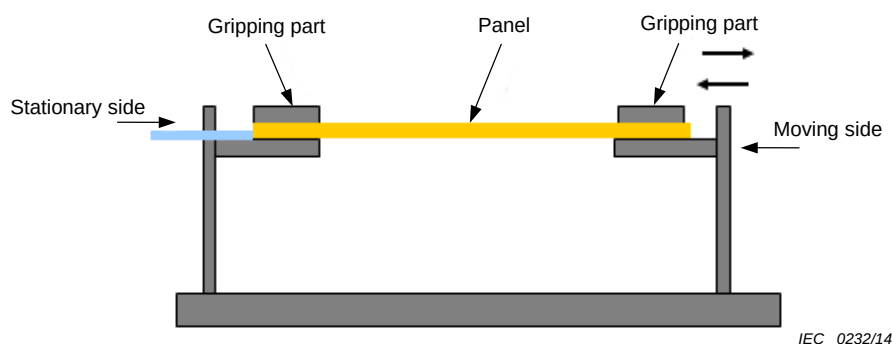


Figure 6 – Apparatus for tension test

Bibliography

- [1] Suo, Z. et al. Mechanics of rollable and foldable film-on-foil electronics. *Appl. Phys. Lett.* 1999, **74**(8), 1177-1179.
 - [2] Gleskova, H., Wagner. S. and Suo. Z. Failure resistance of amorphous silicon transistors under extreme in-plane strain. *Appl. Phys. Lett.* 1999, **75**(19), 3011-3013.
 - [3] Gleskova, H. et al. Electrical response of amorphous silicon thin-film transistors under mechanical strain. *J. Appl. Phys.* 2002, **92**, 6224-6229.
 - [4] Grego, S. et al. A method to evaluate mechanical performance of thin transparent films for flexible displays. *Thin Solid Films.* 2007, **515**, 4745–4752.
 - [5] Menard, E., Nuzzo. R. G. AND Rogers. J. A. Bendable single crystal silicon thin film transistors formed by printing on plastic substrates. *Appl. Phys. Lett.* 2005, **86**(9), 093507.
 - [6] Chen. Z. et al. A Mechanical Assessment of Flexible Opto-electronic Devices. *Thin Solid Films.* 2001, **394**, 202-206.
 - [7] Servati, P. and Nathan. A. Functional Pixel Circuits for Elastic AMOLED Displays. *Proceedings of the IEEE.* 2005, **93**(7), 1257-1264.
 - [8] Rolland, A. et al. Electrical Properties of Amorphous Silicon Transistors and MIS-Devices: Comparative Study of Top Nitride and Bottom Nitride Configurations. *J. Electrochem. Soc.* 1993, **140**(2), 3679-3683.
 - [9] Shur, M. S. et al. SPICE Models for Amorphous Silicon and Polysilicon Thin Film Transistors. *J. Electrochem. Soc.* 1997, **144**(8), 2833-2839.
 - [10] Cairns. D.R. and Crawford. G.P. Electromechanical Properties of Transparent Conducting Substrates for Flexible Electronic Displays. *Proceedings of the IEEE.* 2005, **93**(8), 1451-1458.
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	15
1 Domaine d'application	17
2 Références normatives	17
3 Conditions atmosphériques normalisées	17
4 Evaluations – Evaluation visuelle de la qualité d'image d'un panneau	17
5 Méthodes d'essais de contraintes mécaniques	17
5.1 Généralités	17
5.2 Essai de flexion cyclique	18
5.2.1 Généralités	18
5.2.2 But	18
5.2.3 Appareillage d'essai	18
5.2.4 Procédure d'essai	19
5.3 Essai de flexion statique	19
5.3.1 Généralités	19
5.3.2 But	19
5.3.3 Appareillage d'essai	19
5.3.4 Procédure d'essai	20
5.4 Essai de flexions combinées	20
5.4.1 Généralités	20
5.4.2 But	20
5.4.3 Appareillage d'essai	20
5.4.4 Procédure d'essai	20
5.5 Essai d'enroulement	21
5.5.1 Généralités	21
5.5.2 But	21
5.5.3 Appareillage d'essai	21
5.5.4 Procédure d'essai	22
5.6 Essai de torsion	22
5.6.1 Généralités	22
5.6.2 But	22
5.6.3 Appareillage d'essai	22
5.6.4 Procédure d'essai	22
5.7 Essai de traction	23
5.7.1 Généralités	23
5.7.2 But	23
5.7.3 Appareillage d'essai	23
5.7.4 Procédure d'essai	24
Bibliographie	25
Figure 1 – Appareillage pour différents essais de flexion cyclique	18
Figure 2 – Appareillage d'essai de flexion statique	19
Figure 3 – Appareillage pour essais de flexions combinées constitué d'un essai de flexion cyclique et d'un essai de flexion statique	21
Figure 4 – Appareillage d'essai d'enroulement	22
Figure 5 – Appareillage pour différents essais de torsion	23
Figure 6 – Appareillage d'essai de traction	24

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS D'AFFICHAGE FLEXIBLES –

Partie 6-1: Méthodes d'essais de contraintes mécaniques

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC 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 IEC 62715-6-1 a été établie par le comité d'études 110 de l'IEC: Dispositifs électroniques d'affichage.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
110/452/CDV	110/513/RVC

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/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62715, publiées sous le titre général *Dispositifs d'affichage flexibles*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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 l'IEC 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.

DISPOSITIFS D’AFFICHAGE FLEXIBLES –

Partie 6-1: Méthodes d’essais de contraintes mécaniques

1 Domaine d’application

La présente partie de l'IEC 62715 a pour objet de définir les méthodes d'essais normalisées pour évaluer la stabilité mécanique de modules d'affichage flexibles qui incluent des affichages tels que des écrans LCD, des papiers électroniques et des écrans OLED. Elle tient compte, dans la mesure du possible, des méthodes d'essais mécaniques présentes sous contraintes mécaniques.

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).

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

3 Conditions atmosphériques normalisées

Les conditions atmosphériques normalisées de l'IEC 62341-5:2009, 5.3, doivent s'appliquer, sauf en cas d'accord spécifique entre le client et le fournisseur. Les conditions atmosphériques normalisées doivent être une température de $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, une humidité relative comprise entre 45 % et 75 %, et une pression atmosphérique comprise entre 86 kPa et 106 kPa. Lorsque tous les types d'essais sont effectués, la condition sur la température doit être commentée parce que la température est un élément critique pour la stabilité en flexion et en roulement de la qualité de l'image sur le panneau.

4 Evaluations – Evaluation visuelle de la qualité d'image d'un panneau

Le spécimen doit être un module d'affichage puisque l'évaluation finale doit être basée sur la qualité d'image d'un panneau telle que la luminance, la chromaticité, l'uniformité, les défauts de lignes et les défauts de points. La contrainte de flexion peut causer la détérioration de la qualité d'image sur un panneau, [1] à [9]¹. Le rayon de courbure critique admissible d'un panneau dépend de l'application de l'affichage flexible. Ainsi, le rayon de courbure critique exigé sera adapté à chaque cas.

5 Méthodes d’essais de contraintes mécaniques

5.1 Généralités

Contrairement aux affichages rigides, les affichages flexibles existent sous différentes formes. Ainsi, une grande variété de méthodes d'essais de contraintes mécaniques est disponible, par exemple des essais de flexion cyclique (pliage) ou de flexion dynamique, des essais de

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

flexion statique, des essais d'enroulement, des essais mécaniques combinés, etc. La sélection des méthodes d'essais appropriées doit être basée sur les exigences de l'application. Pour chaque essai de contraintes mécaniques, les spécifications des méthodes d'essais applicables doivent être indiquées avec l'explication du but de chaque essai unique.

5.2 Essai de flexion cyclique

5.2.1 Généralités

Cette procédure sert à conditionner l'échantillon soumis à des contraintes mécaniques par des flexions répétées.

5.2.2 But

Le but de cet essai est de fournir une procédure normalisée pour évaluer la robustesse d'un affichage flexible soumis à des contraintes de flexion cyclique que l'on rencontre généralement dans l'application. Les propriétés de flexion peuvent couvrir plusieurs paramètres typiques des caractéristiques de la qualité d'image d'un panneau d'affichage. Les paramètres typiques de la qualité d'image d'un panneau d'affichage peuvent couvrir la luminance, la chromaticité, l'uniformité, les défauts de lignes et les défauts de points.

5.2.3 Appareillage d'essai

L'équipement d'essai de flexion cyclique comprend la pince qui maintient l'échantillon d'essai de flexion, la partie mobile qui se déplace et le système de commande qui régule le nombre de flexions cycliques, la distance de déplacement et la vitesse de déplacement pendant l'essai. Le spécimen doit être solidement fixé à l'aide d'un élément de fixation pendant l'essai. Plusieurs équipements d'essai de flexion cyclique sont disponibles et représentés à la Figure 1, [4],[7],[10]. Un certain type d'équipement d'essai de flexion n'est pas nécessairement préférentiel, mais il convient qu'un rayon de courbure constant (r), égal au rayon de la tige, soit maintenu pendant l'essai de flexion. Le spécimen est soumis à une contrainte de flexion lorsqu'il subit un mouvement de va-et-vient (Figure 1a)) ou lorsqu'il est plié et déplié (Figure 1b)).

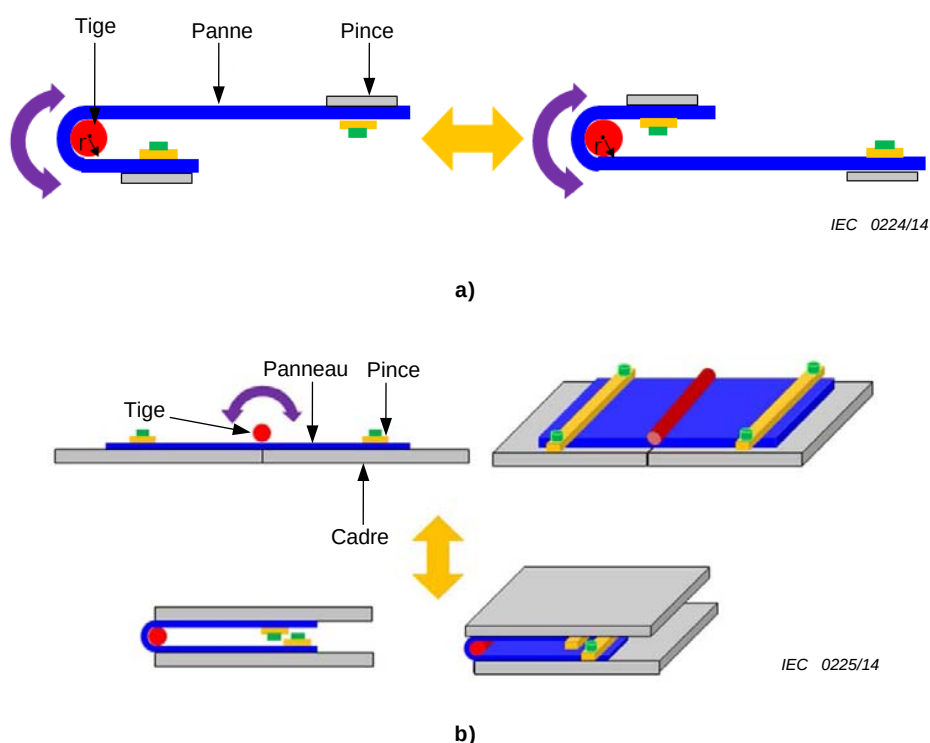


Figure 1 – Appareillage pour différents essais de flexion cyclique

5.2.4 Procédure d'essai

L'essai de flexion cyclique doit être effectué en répétant un mouvement régulier entre deux points ou deux états (l'état plié et l'état déplié). Pour chaque essai, il convient d'indiquer la vitesse de déplacement, le rayon de courbure et le nombre de flexions cycliques, dans la mesure où les caractéristiques de la qualité d'image affichée sur le module peuvent dépendre de ces éléments. La direction de l'orientation du spécimen doit être indiquée, par exemple spécimen orienté vers le haut ou vers le bas. On doit par exemple sélectionner les conditions indiquées ci-dessous:

r (rayon de courbure): 20 mm, 10 mm, 5 mm, 3 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,2 mm, 0,1 mm

t (durée d'une flexion et intervalle): 0,5 s, 1 s, 2 s, 3 s, 5 s, 10 s

Toutes les conditions doivent être consignées si l'essai utilise des conditions différentes de celles indiquées ci-dessus.

5.3 Essai de flexion statique

5.3.1 Généralités

Cet essai s'applique en particulier pour évaluer les propriétés de flexion d'un dispositif flexible d'affichage en mesurant ses performances lorsqu'il est resté courbé pendant une certaine période de temps. Chaque spécimen est courbé selon un rayon de courbure fixe pendant n'importe quelle durée.

5.3.2 But

Le but de cet essai est de fournir une procédure normalisée pour évaluer les propriétés de flexion d'un dispositif flexible d'affichage soumis à une contrainte constante pendant une certaine période de temps. Chaque spécimen est courbé selon un rayon de courbure fixe pendant une durée contrôlée.

5.3.3 Appareillage d'essai

Le corps du panneau d'affichage doit adhérer fermement à la surface de l'équipement d'essai pendant l'essai, et il convient que l'équipement d'essai soit de forme arrondie avec un certain rayon, comme le montre la Figure 2. Le spécimen doit être courbé selon un rayon de courbure fixe pendant une certaine période de temps. Pendant l'essai, il convient de manipuler avec précaution le circuit imprimé flexible (FPC²) et le dispositif d'entraînement pour éviter qu'une flexion ne les endommage. La méthode de la puce sur film (COF³) est préférentielle pour éviter qu'une flexion n'endommage le circuit intégré d'entraînement pendant l'essai de flexion.

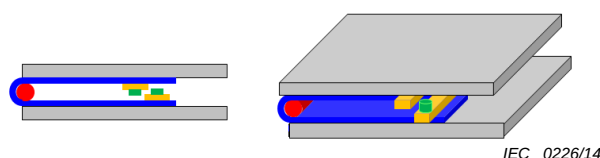


Figure 2 – Appareillage d'essai de flexion statique

² FPC = flexible printed circuit.

³ COF = chip on film.

5.3.4 Procédure d'essai

L'essai de flexion statique doit être réalisé avec un rayon de courbure fixe pendant une certaine période de temps. Pour chaque essai, le rayon de courbure et la période de temps doivent être indiqués parce que les propriétés de flexion statique des caractéristiques de qualité d'image d'un panneau d'affichage peuvent dépendre du rayon de courbure et de la période de temps.

5.4 Essai de flexions combinées

5.4.1 Généralités

Cet essai s'applique en particulier pour évaluer deux types de propriétés de flexions combinées (propriétés de flexion cyclique et propriétés de flexion statique (voir Figure 3)) d'un dispositif flexible d'affichage, lorsque l'affichage flexible est resté courbé pendant une certaine période de temps et a été soumis aux conditions de flexion cyclique pendant une certaine période de temps dans un environnement d'utilisation réelle.

5.4.2 But

Le but de cet essai est de fournir une procédure normalisée pour évaluer les propriétés de flexions combinées d'une flexion cyclique et d'une flexion qui dure dans le temps. Cet essai est destiné à considérer l'environnement d'utilisation d'un produit réel lorsque le panneau du produit reste courbé, plié ou enroulé pendant une longue période de temps lorsqu'il est utilisé ou avant qu'il soit déroulé.

5.4.3 Appareillage d'essai

L'essai de flexions combinées utilise le même appareillage que l'essai de flexion cyclique représenté à la Figure 3. Le contrôleur d'instrument doit être capable d'arrêter le mécanisme lorsque l'échantillon est à l'état courbé pendant chaque itération du cycle.

5.4.4 Procédure d'essai

La procédure d'essai de flexion cyclique est modifiée pour inclure une pause de durée réglable entre chaque itération du cycle lorsque le spécimen reste à l'état complètement courbé [4]. La séquence d'essai complète et toutes les conditions d'essai des essais de flexion cyclique et des essais de flexion statique doivent être consignées pour garantir la reproductibilité.

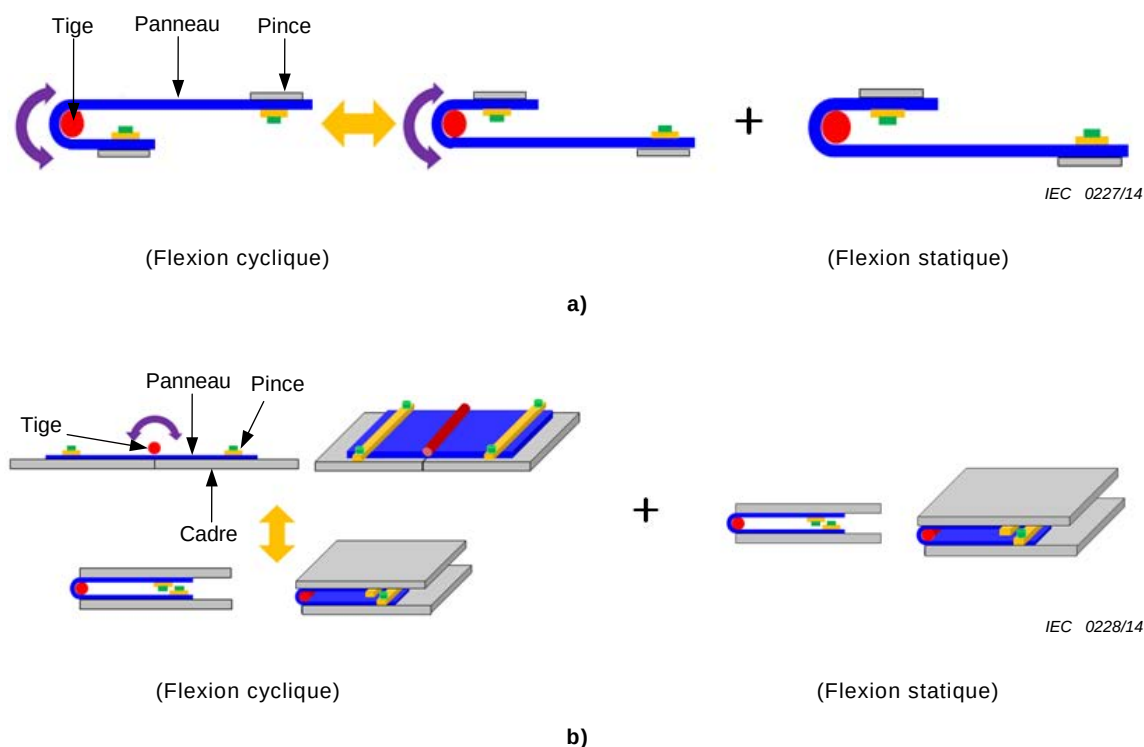


Figure 3 – Appareillage pour essais de flexions combinées constitué d'un essai de flexion cyclique et d'un essai de flexion statique

5.5 Essai d'enroulement

5.5.1 Généralités

Cet essai s'applique en particulier pour évaluer les propriétés d'enroulement d'un module d'affichage flexible lorsqu'un affichage flexible est déroulé, enroulé ou reste sous la forme d'un rouleau.

5.5.2 But

Le but de cet essai est de fournir une procédure normalisée pour évaluer la robustesse des propriétés d'enroulement d'un panneau d'affichage flexible.

5.5.3 Appareillage d'essai

Le spécimen doit être attaché fermement à l'aide d'un élément de fixation situé côté rouleau et d'un élément de fixation situé côté stationnaire. Le rouleau doit effectuer des mouvements de va-et-vient en respectant une distance, une vitesse et un nombre d'enroulements fixes, comme indiqué sur la Figure 4. Le rouleau est doté d'une fente dans laquelle est insérée et attachée une extrémité du spécimen. Le rouleau effectue un mouvement de va-et-vient le long de l'axe du rouleau et le spécimen ne touche pas la plaque de l'équipement pendant l'essai d'enroulement, comme indiqué sur la Figure 4. Pendant l'essai, le circuit imprimé flexible (FPC) et le dispositif d'entraînement doivent être manipulés avec précaution pour éviter qu'ils ne soient endommagés par une torsion. La méthode de la puce sur film (COF) est préférentielle pour éviter qu'une torsion n'endommage le circuit intégré d'entraînement pendant l'essai de flexion.

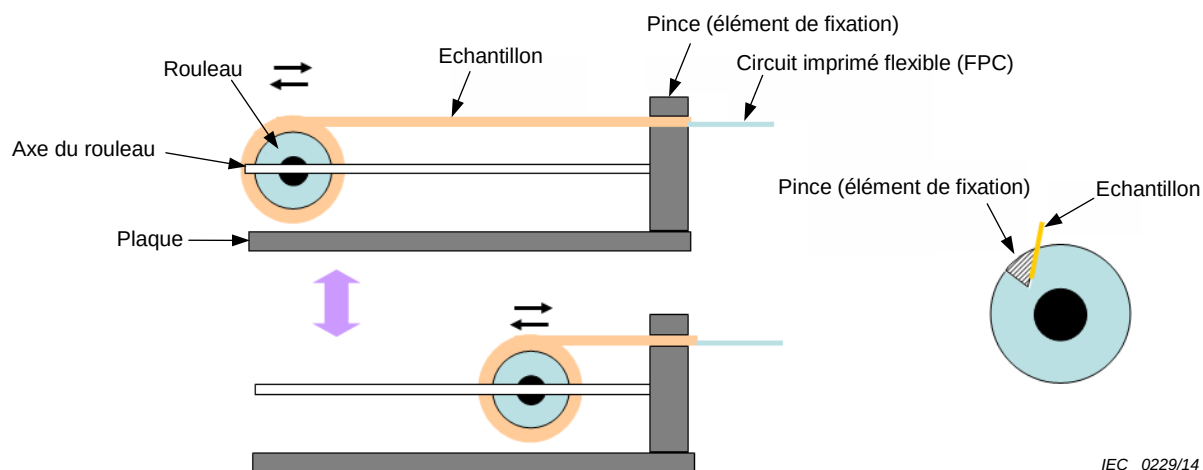


Figure 4 – Appareillage d'essai d'enroulement

5.5.4 Procédure d'essai

Une zone fixe du spécimen doit être enroulée et déroulée de manière cyclique autour du rouleau. La vitesse d'enroulement et le nombre de cycles seront contrôlés. Les conditions d'essai et les réglages doivent être consignés pour assurer la reproductibilité.

5.6 Essai de torsion

5.6.1 Généralités

Cet essai s'applique pour évaluer les propriétés de torsion d'un module d'affichage flexible qui a été soumis à des torsions pendant une certaine période de temps. Les affichages flexibles sont souvent tordus lors de leur utilisation.

5.6.2 But

Le but de cet essai est de fournir une procédure normalisée pour évaluer la robustesse d'un dispositif flexible d'affichage soumis à des contraintes de torsion cyclique que l'on rencontre généralement dans l'application.

5.6.3 Appareillage d'essai

Le spécimen doit être attaché fermement et tordu selon un certain angle de torsion pendant l'essai, comme indiqué sur la Figure 5. Le spécimen doit être solidement fixé à l'aide d'un élément de fixation approprié. Pendant l'essai, le circuit imprimé flexible (FPC) et le dispositif d'entraînement doivent être manipulés avec précaution pour éviter qu'ils ne soient endommagés par une torsion. L'extrémité de l'échantillon avec le circuit imprimé flexible (FPC) et le circuit intégré d'entraînement situés côté stationnaire doit être fixée pour éviter qu'une torsion ne les endommage pendant l'essai de flexion. Lorsque l'échantillon est tordu, la traction supplémentaire est appliquée sur le côté de l'échantillon et s'ajoute à la traction de torsion. Ainsi, la partie mobile côté stationnaire doit se déplacer en avant et en arrière pendant l'essai parce qu'il convient de supprimer la traction inutile appliquée à l'échantillon, comme indiqué sur les Figure 5a) et b).

5.6.4 Procédure d'essai

Le spécimen doit être tordu de manière répétée dans le sens horaire et dans le sens antihoraire en respectant un angle de torsion, une vitesse de torsion et un nombre de torsions fixes. Il convient d'indiquer les conditions d'essais de l'essai de torsion telles que la vitesse de torsion et le nombre de torsions parce que les caractéristiques de qualité d'image d'un panneau d'affichage peuvent dépendre des conditions d'essais mentionnées à l'Article 4.

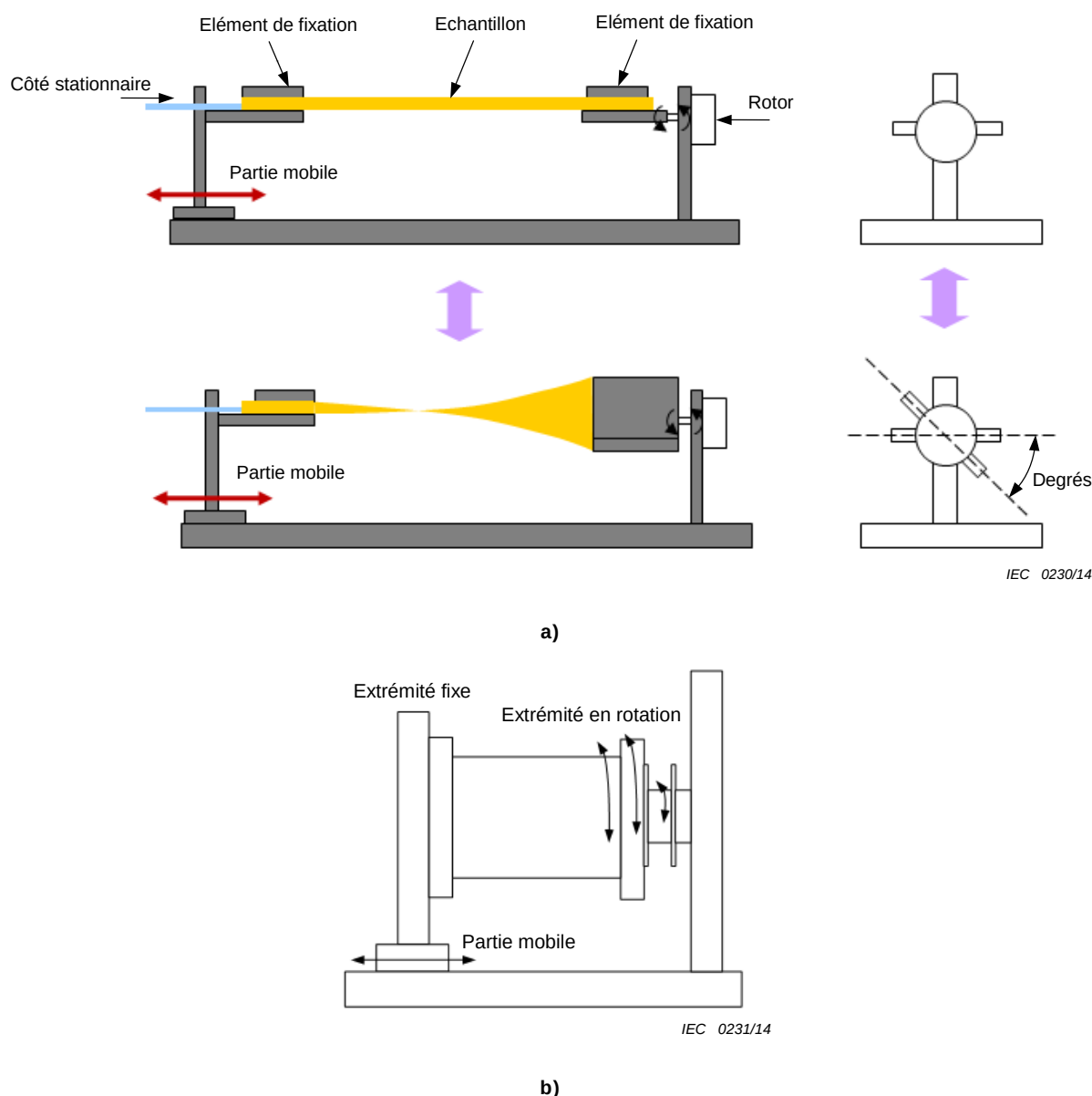


Figure 5 – Appareillage pour différents essais de torsion

5.7 Essai de traction

5.7.1 Généralités

Cet essai s'applique pour évaluer les propriétés de traction d'un module d'affichage flexible qui a été soumis à une traction constante au moment de la transition entre le pliage et le dépliage et entre l'enroulement et le déroulement (voir Figure 6).

5.7.2 But

Le but de cet essai est de fournir une procédure normalisée pour évaluer la robustesse d'un dispositif flexible d'affichage soumis à des contraintes de traction cyclique que l'on rencontre généralement dans l'application.

5.7.3 Appareillage d'essai

L'appareillage est constitué d'une pince fixe et d'une pince mobile pour fixer l'échantillon pendant l'essai. La pince mobile effectue un mouvement de va-et-vient linéaire à une cadence définie, comme indiqué sur la Figure 6. L'instrument applique par intermittence une traction à l'échantillon pendant un nombre défini de cycles. Pendant l'essai, le circuit imprimé flexible

(FPC) et le dispositif d'entraînement doivent être manipulés avec précaution pour éviter qu'ils ne soient endommagés par une traction. L'extrémité de l'échantillon avec le circuit imprimé flexible (FPC) et le circuit intégré d'entraînement situés côté stationnaire doit être fixée pour éviter qu'une torsion ne les endommage pendant l'essai de flexion.

5.7.4 Procédure d'essai

Le panneau est fixé et la pince mobile se déplace selon un mouvement de va-et-vient appliquant une contrainte de traction par intermittence pendant un nombre prédéterminé de cycles. La cadence de la pince mobile, la contrainte de traction, la déformation en traction, le nombre de cycles, ainsi que les conditions d'environnement, doivent être consignés. Il convient que le panneau soit fermement attaché et que seul le panneau soit soumis à des tractions répétées en déplaçant le panneau de la position initiale sans traction à la position donnée lorsqu'il est soumis à une traction. Il convient de noter la vitesse et la résistance à la traction parce que ces facteurs peuvent affecter les propriétés de traction du dispositif.

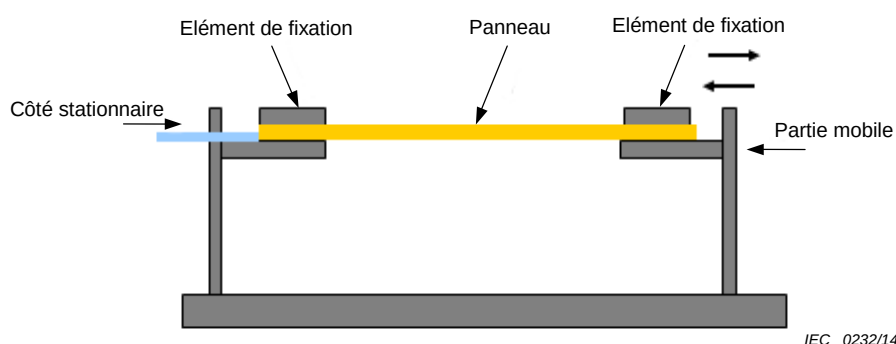


Figure 6 – Appareillage d'essai de traction

Bibliographie

- [1] Suo, Z. et al. Mechanics of rollable and foldable film-on-foil electronics. *Appl. Phys. Lett.* 1999, **74**(8), 1177-1179.
 - [2] Gleskova, H., Wagner. S. and Suo. Z. Failure resistance of amorphous silicon transistors under extreme in-plane strain. *Appl. Phys. Lett.* 1999, **75**(19), 3011-3013.
 - [3] Gleskova, H. et al. Electrical response of amorphous silicon thin-film transistors under mechanical strain. *J. Appl. Phys.* 2002, **92**, 6224-6229.
 - [4] Grego, S. et al. A method to evaluate mechanical performance of thin transparent films for flexible displays. *Thin Solid Films.* 2007, **515**, 4745–4752.
 - [5] Menard, E., Nuzzo. R. G. AND Rogers. J. A. Bendable single crystal silicon thin film transistors formed by printing on plastic substrates. *Appl. Phys. Lett.* 2005, **86**(9), 093507.
 - [6] Chen. Z. et al. A Mechanical Assessment of Flexible Opto-electronic Devices. *Thin Solid Films.* 2001, **394**, 202-206.
 - [7] Servati, P. and Nathan. A. Functional Pixel Circuits for Elastic AMOLED Displays. *Proceedings of the IEEE.* 2005, **93**(7), 1257-1264.
 - [8] Rolland, A. et al. Electrical Properties of Amorphous Silicon Transistors and MIS-Devices: Comparative Study of Top Nitride and Bottom Nitride Configurations. *J. Electrochem. Soc.* 1993, **140**(2), 3679-3683.
 - [9] Shur, M. S. et al. SPICE Models for Amorphous Silicon and Polysilicon Thin Film Transistors. *J. Electrochem. Soc.* 1997, **144**(8), 2833-2839.
 - [10] Cairns. D.R. and Crawford. G.P. Electromechanical Properties of Transparent Conducting Substrates for Flexible Electronic Displays. *Proceedings of the IEEE.* 2005, **93**(8), 1451-1458.
-

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