

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Liquid crystal display devices –

Part 30-1: Measuring methods for liquid crystal display modules – Transmissive type

Dispositifs d'affichage à cristaux liquides –

Partie 30-1: Méthodes de mesure pour les modules d'affichage à cristaux liquides – Type transmissif



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

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

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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



Liquid crystal display devices –

Part 30-1: Measuring methods for liquid crystal display modules – Transmissive type

Dispositifs d'affichage à cristaux liquides –

Partie 30-1: Méthodes de mesure pour les modules d'affichage à cristaux liquides – Type transmissif

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 31.120

ISBN 978-2-83220-147-3

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.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions and abbreviations	8
3.1 Terms and definitions	8
3.2 Abbreviations	9
4 Illumination and illumination geometry	9
4.1 General comments and remarks on the measurement of transmissive LCDs	9
4.2 Viewing-direction coordinate system.....	9
4.3 Standard illumination geometries.....	10
5 Standard measurement equipment and set-up.....	11
5.1 Light measuring devices (LMD)	11
5.2 Positioning and alignment	11
5.3 Standard measurement arrangements	11
5.3.1 LMD conditions.....	11
5.3.2 Effects of receiver inclination.....	11
5.4 Standard locations of measurement field	12
5.4.1 Matrix displays	12
5.4.2 Segment displays	13
5.5 Standard DUT operating conditions.....	13
5.5.1 General	13
5.5.2 Standard ambient conditions	13
5.6 Standard measuring process	13
6 Standard measurements and evaluations	14
6.1 Luminance – photometric	14
6.1.1 Purpose.....	14
6.1.2 Measurement equipment	14
6.1.3 Measurement method	14
6.1.4 Definitions and evaluations.....	15
6.2 Contrast ratio	15
6.2.1 Purpose.....	15
6.2.2 Measurement equipment	15
6.2.3 Measurement method	15
6.2.4 Definitions and evaluations.....	16
6.2.5 Specified conditions	16
6.3 Chromaticity and reproduction of colour	17
6.3.1 Purpose.....	17
6.3.2 Measurement equipment	17
6.3.3 Measurement method: photoelectric tristimulus colorimetry	17
6.3.4 Measurement method spectrophotometric colorimetry	17
6.3.5 Definitions and evaluations.....	17
6.3.6 Specified conditions	19
6.4 Viewing angle range.....	19
6.4.1 Purpose.....	19

6.4.2	Measurement equipment	19
6.4.3	Contrast and luminance based viewing angle range.....	19
6.4.4	Viewing angle range without grey-level inversion.....	20
6.4.5	Chromaticity based viewing angle range.....	21
6.4.6	Visual quality-based viewing angle range	21
6.5	Electro-optical transfer function – photometric.....	22
6.5.1	Purpose.....	22
6.5.2	Measurement equipment	22
6.5.3	Measurement method	22
6.5.4	Evaluation and representation	22
6.6	Electro-optical transfer function – colorimetric	23
6.6.1	Purpose.....	23
6.6.2	Set-up	23
6.6.3	Measurement method	23
6.6.4	Definitions and evaluations.....	23
6.7	Lateral variations (photometric, colorimetric)	24
6.7.1	Purpose.....	24
6.7.2	Measurement equipment	24
6.7.3	Uniformity of luminance	24
6.7.4	Uniformity of white.....	25
6.7.5	Uniformity of chromaticity	25
6.7.6	Uniformity of primary colours.....	25
6.7.7	Cross-talk.....	26
6.7.8	Mura.....	28
6.7.9	Image sticking	28
6.7.10	Specified conditions	28
6.8	Reflectance from the active area surface.....	28
6.8.1	Purpose.....	28
6.8.2	Measurement equipment	29
6.8.3	Measurement method	29
6.8.4	Definitions and evaluation	30
6.8.5	Specified conditions	30
6.9	Spectral transmittance factor.....	30
6.9.1	Purpose.....	30
6.9.2	Measurement equipment	31
6.9.3	Definitions and evaluation	31
6.10	Temporal variations.....	32
6.10.1	Response time	32
6.10.2	Flicker / frame response (multiplexed displays)	34
6.10.3	Critical flicker frequency	36
6.10.4	Specified conditions	36
6.11	Electrical characteristics.....	37
6.11.1	Purpose.....	37
6.11.2	Measurement equipment	37
6.11.3	Measurement method	37
6.11.4	Definitions and evaluations.....	38
6.11.5	Specified conditions	38
6.12	Warm-up characteristics	39
6.12.1	Purpose.....	39

6.12.2 Measurement equipment	39
6.12.3 Measurement method	39
6.12.4 Specified conditions	40
Annex A (informative) Standard measuring conditions	41
Annex B (informative) Devices for thermostatic control	44
Annex C (informative) Measuring the electro-optical transfer function	45
Annex D (informative) Planned future structure	46
Bibliography	47

Figure 1 – Representation of the viewing-direction (equivalent to the direction of measurement) by the angle of inclination, θ and the angle of rotation (azimuth angle), ϕ in a polar coordinate system	10
Figure 2 – Shape of measuring spot on DUT for two angles of LMD inclination	12
Figure 3 – Standard measurement positions are at the centres of all rectangles p_0 - p_{24}	12
Figure 4 – Example of gray-scale inversion	21
Figure 5 – Example of standard set-up for specular reflection measurements	29
Figure 6 – Example of equipment for measurement of temporal variations	32
Figure 7 – Relationship between driving signal and optical response times	34
Figure 8 – Frequency characteristics of the integrator (response of human visual system)	35
Figure 9 – Example of power spectrum	36
Figure 10 – Checker-flag pattern for current and power consumption measurements	37
Figure 11 – Example of measuring block diagram for current and power consumption of a liquid crystal display device	39
Figure 12 – Example of warm-up characteristic	40
Figure A.1 – Terminology for LMDs	42

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61747-30-1:2012

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICES –

**Part 30-1: Measuring methods for liquid crystal display modules –
Transmissive type**

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 61747-30-1 has been prepared by IEC technical committee 110: Electronic display devices.

This first edition cancels and replaces IEC 61747-6 published in 2004. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) the document structure was brought in line with 61747-6-2; and
- b) various technical and editorial changes were made.

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

FDIS	Rapport de vote
110/364/FDIS	110/380/RVD

Full information on the voting for the approval on 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 61747 series, under the general title *Liquid crystal display devices*, can be found on the IEC website.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

This standard is to be read in conjunction with IEC 61747-1 (1998), to which it refers, which gives details of the quality assessment procedures, the inspection requirements, screening sequences, sampling requirements, and the test and measurement procedures required for the assessment of liquid crystal display modules.

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.

INTRODUCTION

In order to achieve a useful and uniform description of the performance of liquid crystal display (LCD) devices, specifications for commonly accepted relevant parameters are put forward. These fall into the following categories:

- a) general type specification (e.g. pixel resolution, diagonal, pixel layout);
- b) optical specification (e.g. contrast ratio, response time, viewing-direction, crosstalk, etc.);
- c) electrical specification (e.g. power consumption, electromagnetic compatibility);
- d) mechanical specification (e.g. module geometry, weight);
- e) specification of passed environmental endurance test;
- f) specification of reliability and hazard / safety.

In most of the cases a) to f), the specification is self-explanatory. For some specification points however, notably in the area of optical and electrical performance, the specified value may depend on the measuring method.

The purpose of this standard is to indicate and list the procedure-dependent parameters and to prescribe the specific methods and conditions that are to be used for their uniform numerical determination. It is assumed that all measurements are performed by personnel skilled in the general art of radiometric and electrical measurements as the purpose of this standard is not to give a detailed account of good practice in electrical and optical experimental physics. Furthermore, it shall be assured that all equipment is suitably calibrated as is known to people skilled in the art and records of the calibration data and traceability are kept.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61747-30-1:2012

LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICES –

Part 30-1: Measuring methods for liquid crystal display modules – Transmissive type

1 Scope

This part of IEC 61747 is restricted to transmissive liquid crystal display-modules using either segment, passive or active matrix and achromatic or colour type LCDs. Furthermore, the transmissive modes of transreflective LCD modules with backlights ON are comprised in this document. An LCD module in combination with a touch-panel or a front-light-unit is excluded from the scope because measurements are frequently inaccurate. Touch-panels or front-light-units are removed before measurement. Throughout the main body of this standard, an integrated backlight is assumed to provide the illumination for the measurements. Deviations from this (e.g. segmented displays without integrated backlights) may usually be handled in the same way as display modules with integrated backlight, if an external backlight is provided. However, in the case where one of the two situations should be handled differently, this will be specifically stated.

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 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 61747-1, *Liquid crystal and solid-state display devices – Part 1: Generic specification*

IEC 61747-6-2, *Liquid crystal display devices – Part 6-2: Measuring methods for liquid crystal display modules – Reflective type*

ISO 9241-307, *Ergonomics of human-system interaction – Part 307: Analysis and compliance test methods for electronic visual displays*

ISO 11664-2 (CIE S 014-2/E:2006), *Colorimetry – Part 2: CIE Standard illuminants*

CIE 15-2004, *Colorimetry*

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-845:1987 apply.

NOTE Several points of view with respect to the preferred terminology on "monochrome", "achromatic", "chromatic", "colour", "full-colour", etc. can be encountered in the field amongst spectroscopists, physicists, colour-perception scientists, physical engineers and electrical engineers. In general, all LCDs demonstrate some sort of chromaticity (e.g. as a function of viewing angle, ambient temperature or externally addressable means). Pending detailed official description of the subject, the pre-fix pertaining to the "chromaticity" of the display will be used so

as to describe the colour capability of the display that is externally (and electrically) addressable by the user. This leads us to the following definitions (see also IEC 61747-6-2):

- a) a monochrome display has no user-addressable chromaticity ("colours"). It may or may not be "black and white" or a-chromatic;
- b) a colour display has at least two user-addressable chromaticities ("colours"). A full-colour display has at least three user addressable primary colours with at least 6 bits per primary colour ($\geq 260\,000$ colours).

3.2 Abbreviations

CFF	critical flicker frequency
CR	contrast ratio
CR _{PF}	Plain Field Contrast Ratio
DUT	device under test
FFT	fast Fourier transform
GSI	gray-scale inversion
HXT	horizontal crosstalk
LCD	liquid crystal display
LMD	light measuring device
LNU	long range non-uniformity
PWM	pulse width modulation
UCS	uniform colour space
VAR	viewing angle range
VXT	vertical crosstalk
XT	crosstalk

4 Illumination and illumination geometry

4.1 General comments and remarks on the measurement of transmissive LCDs

Transmissive LCDs often make use of their own integrated source of backlight illumination to display visual information. It is difficult to achieve the required significance and reproducibility of the results of measurements because of the close coupling between the backlight illumination system, the LMD and DUT. In the cases where the backlight unit is not static, care shall be taken that the behaviour of the backlight is known, and measurements are taken making sure there is no interference between backlight temporal variations (e.g. by PWM signal or dynamic backlight), DUT addressing frequency and LMD sampling frequency. The luminance and colour of the backlight at the moment of measurement shall be specified and backlight operation shall be static and stable during the period of measurement.

The temporal drift in backlight luminance shall be less than 5 % of the stabilized value per hour and less than 1 % of the stabilized value per minute. Care shall be taken that the temperature of the DUT has stabilized and is not affected by the backlight illumination system. Constant and correct temperature of the DUT should be verified.

If no built-in lightsource is used, the backlight luminance or backlight illuminance of the arrangement used for illumination of the DUT shall be constant within $\pm 1\%$, and shall not exhibit short-term fluctuations (e.g. ripple, PWM, etc.). This should be realized by an equilibration period of 5 min to 10 min. Constant and correct temperature of the DUT should be verified.

4.2 Viewing-direction coordinate system

The viewing-direction is the direction under which the observer looks at the spot of interest on the DUT. During the measurement the light-measuring device is replacing the observer, looking from the same direction at a specified spot (i.e. measuring spot, measurement field)

on the DUT. The viewing-direction is conveniently defined by two angles: the angle of inclination θ (related to the surface normal of the DUT) and the angle of rotation ϕ (also called azimuth angle) as illustrated in Figure 1. The azimuth angle is related with the directions on a watch-dial as follows: $\phi = 0^\circ$ is referred to as the 3 o'clock direction ("right"), $\phi = 90^\circ$ as the 12 o'clock direction ("top"), $\phi = 180^\circ$ as the 9 o'clock direction ("left") and $\phi = 270^\circ$ as the 6 o'clock direction ("bottom").

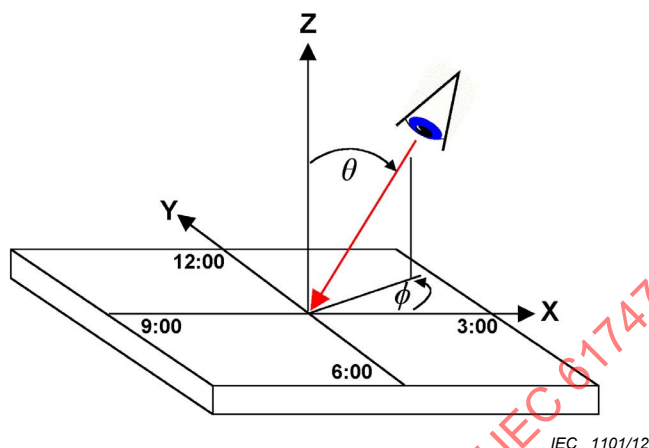


Figure 1 – Representation of the viewing-direction (equivalent to the direction of measurement) by the angle of inclination, θ and the angle of rotation (azimuth angle), ϕ in a polar coordinate system

4.3 Standard illumination geometries

Transmissive LCD modules often have built-in light sources. The built-in light source, the relative position between the built-in light source and the DUT, and the relative position between the DUT and the measurement equipment are restricted. Each system is positioned in a dark measuring room. The illuminance on the DUT not originating from the built-in light source shall be less than 1 lx and shall be less than the light level that significantly affects the measurement results.

Throughout this standard it is assumed the DUT is provided with its own, integrated backlight. However, if the DUT is not equipped with its own source of illumination (backlight), external illumination shall be provided in one of the following ways:

- By means of an externally applied diffuse light source with specified (spatial and angular distribution of) luminance and spectrum, placed behind the DUT. This is used, for example, for measurements on direct view displays.
- By means of a point lightsource (a geometrically small, homogeneous light source). lightsource, measurement spot and detector shall be aligned, and the focus of the detector shall be on the measurement spot on the DUT.
- By means of an externally applied directional light source with calibrated spatial uniformity of illumination at the plane of the DUT, full opening angle of illumination at the location of the measuring spot in the plane of the DUT of less than 30° , and (if needed) calibrated spectral intensity distribution in the visible wavelength range. (This is mostly used for measurements on projection-display modules).

In all three cases, records of the lightsource (intensity distribution, temporal stability, opening angle, etc.) and its distance to the DUT shall be added to the detail specification. Use of light sources as close to illuminant D65 as possible is recommended

5 Standard measurement equipment and set-up

5.1 Light measuring devices (LMD)

The light measuring devices (LMDs) used for evaluation of the optical properties of transmissive LCDs shall be checked for the following criteria and specified accordingly:

- sensitivity of the measured quantity to polarization of light;
- errors caused by veiling glare and lens flare (i.e. stray light in optical system);
- timing of data-acquisition, low-pass filtering and aliasing-effects;
- linearity of detection and data-conversion.

5.2 Positioning and alignment

The LMD shall be positioned relative to the measurement field on the DUT in such a way as to be able to adjust the direction of measurement (viewing-direction) and to adjust the distance from the centre of the measuring spot to assure an angular aperture of smaller than 5° . Such adjustment can be realized with a mechanical system (often motorized) and alternatively with an appropriate optical system (conoscopic optics) as described in e.g. [2]¹.

5.3 Standard measurement arrangements

5.3.1 LMD conditions

If the angular aperture of the LMD is not specified, it can be calculated using the distance of the LMD to the measurement field and the aperture of the LMD (acceptance area) (see Figure A.1).

When measuring matrix displays the LMD should be set to a circular or rectangular field of view that includes more than 500 pixels² on the display under normal observation (the standard measurement direction). The total angular aperture of detection by the LMD shall be less than 2° . This can be obtained by use of a measuring distance between the LMD and display area centre of 50 cm (recommended) and a diameter of the detector acceptance area of 4 cm. For low-resolution matrix displays, the number of pixels in the field of view may be lower than 500. Here, a minimum of 9 pixels is recommended. In case of measuring segment displays, the field of view should be set to a single segment, and not include any of its surroundings.

5.3.2 Effects of receiver inclination

When the measuring setup comprises an adjustable LMD for measurement and evaluation of variations with viewing-direction, it has to be taken into account that the LMD "sees" different parts of the DUT at different angles of inclination. An initially circular measuring spot (when the DUT is viewed or measured from normal, i.e., $\theta = 0^\circ$) becomes elliptical when the LMD is inclined away from the normal direction ($\theta > 0^\circ$), as shown in Figure 2. The short axis of the ellipse (here: vertical) remains constant with the plane of inclination being horizontal (e.g. $\phi = 0^\circ$ or 180°).

¹ Numbers in brackets refer to the Bibliography.

² The official definition of pixel is used which may or may not include a multitude of constituent subpixels / dots (see the future IEC 61747-1-2).

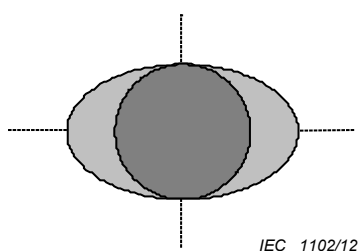


Figure 2 – Shape of measuring spot on DUT for two angles of LMD inclination

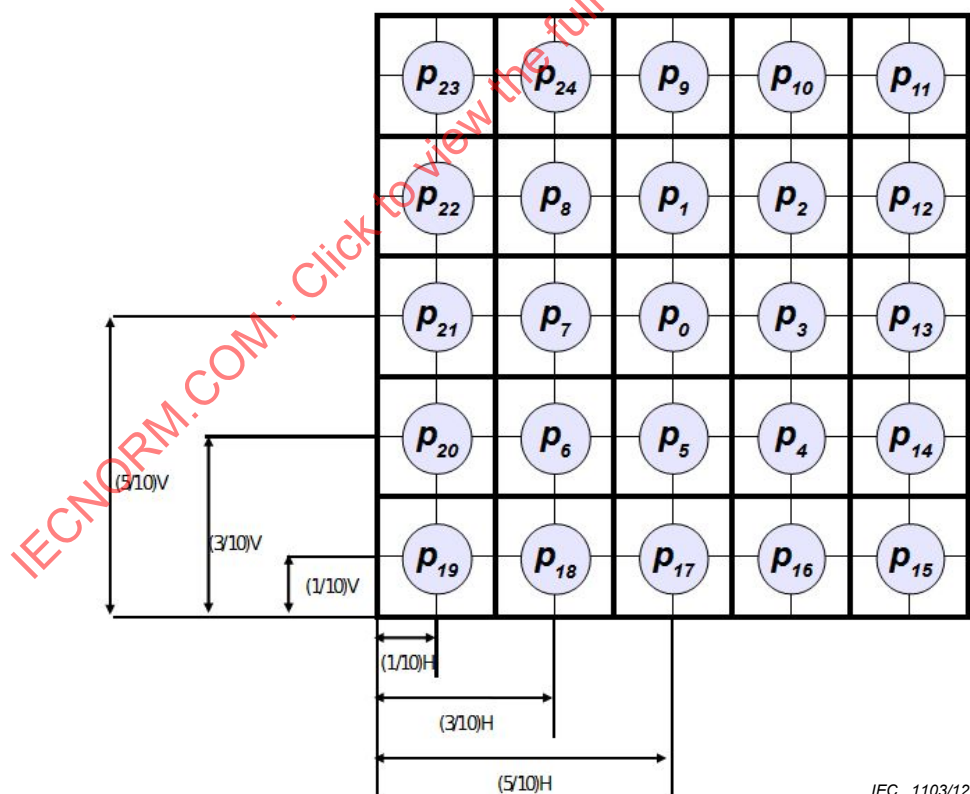
Two effects have to be considered when the LMD is adjustable. The increasing size of the measuring spot with angle of inclination shall not include:

- unwanted parts of the DUT (e.g. non-active parts of a display with segment-layout); or
- parts illuminated in a different way.

Both size and location of the measurement field have to be selected that these conditions are fulfilled and they have to be specified accordingly.

5.4 Standard locations of measurement field

5.4.1 Matrix displays



NOTE Height (V) and width (H) of each rectangle are 20 % of display height and width respectively.

Figure 3 – Standard measurement positions are at the centres of all rectangles p_0 - p_{24} .

Luminance, spectral distribution and/or tristimulus measurements may be taken at several specified positions on the DUT surface. To this end, the front view of the display is divided

into 25 identical imaginary rectangles, according to Figure 3. Unless otherwise specified, measurements are carried out in the centre of each rectangle. Care shall be taken that the measuring spots on the display do not overlap. Positioning of the measuring spot on the thus prescribed positions in the x and y direction shall be to within 7 % of H and V respectively (where H and V denote the dimensions of the active display area in the x and y direction respectively).

While scanning the position of the measuring spot over the surface of the DUT, the viewing direction (defined by angles θ and ϕ) shall not change.

Any deviation from the above-described standard positions shall be added to the detail specification.

5.4.2 Segment displays

Standard measurement positions are the same as those prescribed for matrix displays above. However, for segment displays, all measurements shall be performed at the centre of a segment and the chosen segment should be as close as possible to the centre of the designated rectangle. Thus, when measurements on position p_i ($i = 0$ to 24) are requested, the geometrical centre of the segment closest to the centre of box p_i should be used for positioning of the detector.

Any deviation from the above-described standard positions shall be added to the detail specification.

5.5 Standard DUT operating conditions

5.5.1 General

Due to the physics of LCDs almost all optical properties of these devices vary with the direction of observation (i.e. viewing-direction). Therefore it should be understood that for the determination of several of the parameters below, good (mechanical) control and specification of the viewing direction is necessary. Also, the distance between the light measuring device and the measuring spot on the DUT has to remain constant for all viewing-directions.

The module being tested shall be physically prepared for testing. It should be thermostatically controlled for stable operation of liquid crystal display devices during a specified period being less than one hour. If the control period is less than one hour, stable temperature shall be verified and reported for at least the centre of the DUT. Testing shall be conducted under nominal conditions of input voltage, current, etc. Any deviation from the standard device operation conditions shall be added to the detail specification.

5.5.2 Standard ambient conditions

5.5.2.1 Standard measuring environmental conditions

Measurements shall be carried out, after sufficient warm-up time for illumination sources and DUTs (see 6.12) under the standard environmental conditions, at a temperature of $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$, at a relative humidity of 25 % to 85 %, and at an atmospheric pressure of 86 kPa to 106 kPa. When different environmental conditions are used, they shall be noted in the detail specification.

5.6 Standard measuring process

The standard measuring process comprises the following basic steps:

- a) Preparation of the measurement equipment and set-up, of the DUT and of the ambient conditions to assure the specified standard values and stabilities. Whenever the actual conditions differ from the standard conditions, this shall be noted in the detail specification and the values actually used shall be specified in the detail specification.

- b) While assuring the usual care required in an optical metrology laboratory, the sample luminance shall be measured in terms of luminance, spectral radiance distribution or tri-stimulus values under the specified illumination conditions and with the specified electrical driving conditions (voltages, test-patterns, etc.).
- c) While assuring the usual care required in an optical metrology laboratory, luminance of the applicable reference standard(s) shall be measured in terms of luminance, spectral radiance distribution or tri-stimulus values under the specified conditions which shall be identical to those used for the measurements of the DUT.

If an external light source is used, measure the following parameters of the light source in the plane of the DUT. At p_0 , measure and specify:

- spectrum of emission,
- luminance L ,
- temporal stability of the luminance $L(t)$, and
- luminance distribution with viewing direction $L(\theta, \phi)$.

When measuring lateral variations (see 6.7), measure the spectrum of emission, luminance and luminance distribution with viewing direction also at the other relevant positions p_1 - p_{24} .

The data obtained from measurement of the DUT and the data obtained from the measurement of the reference standard shall be related to each other in a suitable way in order to obtain the target data (e.g. luminance, chromaticity, etc.). The way of calculation shall be according to established rules (e.g. as given by the CIE) and it shall be specified in the detail specification.

Detailed drawing and photos of the actually used arrangement are useful to define the measurement geometry.

6 Standard measurements and evaluations

6.1 Luminance – photometric

6.1.1 Purpose

This method is applied to the measurements of luminance and its lateral uniformity (i.e. in the active area) of LCD modules with built-in backlight system. For LCD modules WITHOUT backlight system, measurement of transmittance (6.9) shall be conducted.

6.1.2 Measurement equipment

An LMD, a driving power supply, and a driving signal generator for liquid crystal display devices and a temperature control device (e.g. a climatic chamber) are used for these measurements. For lateral uniformity measurements, a dual axis positioning device may also be required.

6.1.3 Measurement method

The measurements are performed in the dark room under standard measuring conditions and for the design viewing direction(s).

- a) Position the DUT.
- b) Adjust the LMD to the specified viewing direction, according to angles θ and ϕ .
- c) Supply the value of the input signals to the DUT to achieve the full white condition to the full active screen area. Then measure the DUT at position p_i (p_0 denotes the centre of the active area of the display, or in case of segmented displays at the centre of a

segment, where the measurement spot is to be smaller than the segment), to obtain the luminance $L_{W,i}(\theta, \phi)$.

- d) Supply the value of the input signals to the DUT to achieve the full BLACK condition to the full active screen area. Then measure the luminance $L_{K,i}(\theta, \phi)$ at position p_i .

6.1.4 Definitions and evaluations

6.1.4.1 Definition of luminance

$$Y \equiv L = 683 \sum_{380}^{780} L_e(\lambda) V(\lambda) \Delta\lambda \quad (1)$$

where

- Y is the Y-tristimulus value in the CIE 1931 colorimetric system (see CIE 15);
 L is the symbol for luminance, and in this particular case equal to the Y-tristimulus value;
 $L_e(\lambda)$ is the measured radiant power per unit solid angle per unit area in the wavelength interval $\Delta(\lambda)$;
 $V(\lambda)$ is the luminous efficiency function for photopic vision in the wavelength interval $\Delta(\lambda)$;
 $\Delta(\lambda)$ is the wavelength interval over which the summation takes place.

6.1.4.2 Definition of maximum luminance

Maximum luminance is the maximum value for luminance, $L_{\max,i}(\theta, \phi)$, measured in the viewing direction as specified by the angle of inclination θ , and the angle of rotation ϕ . $L_{\max}$ is defined for the special case that angles θ and ϕ are 0, and the DUT is measured at position p_0 .

6.1.4.3 Definition of minimum luminance

Minimum luminance is the minimum value for luminance, $L_{\min,i}(\theta, \phi)$, measured in the viewing direction as specified by the angle of inclination θ , and the angle of rotation ϕ . $L_{\min}$ is defined for the special case that angles θ and ϕ are 0, and the DUT is measured at position p_0 .

6.2 Contrast ratio

6.2.1 Purpose

To determine the contrast ratio of the DUT.

6.2.2 Measurement equipment

An LMD, a driving power supply, and driving signal generator for LCD devices and, if required, a temperature control device for the DUT (e.g. climatic chamber) are used for these measurements. For lateral uniformity measurements, a dual axis positioning device may also be required.

6.2.3 Measurement method

Supply the signals to the device such that the DUT will operate within the designed driving conditions. Then measure the DUT at position p_0 (the centre of the active area of the display) in the WHITE state (100 % input data-signal or video level) to obtain $L_{\max}$. (see 6.1.4.2) In the same way, measure the DUT at position p_0 (the centre of the active area of the display) in the BLACK state (0 % input data-signal or video level) to obtain $L_{\min}$ (see 6.1.4.3).

6.2.4 Definitions and evaluations

6.2.4.1 Definition of contrast ratio

The contrast ratio CR is defined in the condition of $CR \geq 1$ as:

$$CR = \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \quad (2)$$

6.2.4.2 Definition of plain field contrast ratio (CR_{PF})

To measure the maximum luminance ($L_{\max}$), the module is driven by a test pattern that generates WHITE (100 % input data-signal or video level) on the full active screen area. The minimum luminance ($L_{\min}$) is measured when the module is driven by a test pattern that generates BLACK (0 % input data-signal or video level) on the full active screen area.

The plain-field contrast ratio CR_{PF} is defined as:

$$CR_{PF} = \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \quad (3)$$

6.2.4.3 Window contrast ratio (high resolution display)

The module is driven by a test pattern that generates WHITE (100 % input data-signal or video level) on all 25 rectangles except for rectangle p_0 which is driven BLACK (0 % input data-signal or video level). This leads to a (black) window of 4 % of the display area. (Alternatively, it is allowed to shrink the window homogeneously to an area of 2,78 %, i.e. a window of $1/6 \times 1/6$ of the total display area).

Furthermore, the background can be made BLACK and rectangle p_0 driven WHITE. These situations lead to the "dark-image contrast ratio on a light field", CR_{dol} and the "light-image contrast ratio on a dark field", CR_{lod} , respectively. Luminance of rectangles p_3 and p_7 are measured. Indicating the luminance, measured on WHITE at position i by $L_{\max,i}$, and the luminance, measured on BLACK at position i by $L_{\min,i}$ we define:

$$CR_{dol} = \frac{L_{\max,3} + L_{\max,7}}{2L_{\min,0}} \quad (4)$$

and

$$CR_{lod} = \frac{2L_{\max,0}}{L_{\min,3} + L_{\min,7}} \quad (5)$$

Crosstalk may adversely affect the values of CR_{lod} and CR_{dol} , which is not the case in the determination of CR_{PF} . Also extra straylight can be generated by the DUT during the determination of window contrast ratio. This should therefore be evaluated and controlled carefully (see also [5], pp 72-79, 304: Box pattern measurements).

6.2.5 Specified conditions

The records of the measurement shall be made to describe deviations from the standard measurement conditions and include the following information:

- Driving signals (waveforms, voltage and frequency).

6.3 Chromaticity and reproduction of colour

6.3.1 Purpose

This method is applied to the measurements of chromaticity or colour gamut for liquid crystal display devices. This measurement is useful for matrix-type displays with built-in backlight system only.

6.3.2 Measurement equipment

An LMD (spectrophotometer or a colorimeter), a driving power supply and a driving signal generator for liquid crystal display devices are used for these measurements.

6.3.3 Measurement method: photoelectric tristimulus colorimetry

Tristimulus colorimeters are filter radiometers whose responses mimic the CIE 1931 colour-matching distributions, $x(\lambda)$, $y(\lambda)$ and $z(\lambda)$, as a function of wavelength (see CIE 15). The outputs of these radiometers are then proportional to the X , Y , Z tristimulus values so that values of various quantities used to describe colour can be derived.

Weight factors for the illuminant and filter photometer; $S(\lambda)x(\lambda)$, $S(\lambda)y(\lambda)$, $S(\lambda)z(\lambda)$ correspond to values given in ISO 11664-2 (CIE S 014-2/E:2006).

For minimising the error, the LMD should be calibrated against a known lightsource (usually CIE Illuminant A) before measuring the DUT.

Measurements are taken at position p_0 (centre of the display). Supply the maximum value of the colour input-signals of the primaries R (red), G (green) and B (blue) simultaneously to the device. Next, maximise the contrast ratio at this value of the input primaries. Then measure the DUT at position p_0 (the centre of the active area of the display) to obtain tristimulus values; X_W , Y_W , Z_W .

- Supply the signals to the device to the full BLACK conditions. Then measure the position p_0 to obtain tristimulus values; X_K , Y_K , Z_K .
- Supply the signals of any intermediate (grey) states, if required. Then for n intermediate states measure the position p_0 to obtain tristimulus values $X_{g1}..X_{gn}$; $Y_{g1}..Y_{gn}$; $Z_{g1}..Z_{gn}$.
- Finally separately supply the maximum R-data input-signal to the device, with data input of the complimentary primaries set to minimum or zero, and measure the red colour tristimulus values; X_R , Y_R , Z_R .
- In the same way measure the green and blue colour tristimulus values; X_G , Y_G , Z_G , and X_B , Y_B , Z_B respectively.

6.3.4 Measurement method spectrophotometric colorimetry

Spectrophotometry method measures spectral radiance using a spectrophotometer and determines tristimulus values using a spectrophotometer.

The spectrophotometer for spectrophotometry is classified into the first-class or second-class spectrophotometer according to CIE 15.

Position the DUT, and directly record a value of $S(\lambda)$.

6.3.5 Definitions and evaluations

6.3.5.1 CIE 1931 tristimulus values

In the CIE 1931 colorimetric system (see CIE 15), the following tristimulus values are defined:

$$X = K \sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda \quad (6)$$

$$Y = K \sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda \quad (7)$$

$$Z = K \sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda \quad (8)$$

$$K = \frac{100}{\sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda} \quad (9)$$

where

$S(\lambda)$ is the measured spectral radiance distribution of the DUT in the wavelength interval $\Delta(\lambda)$;

$x(\lambda)$, $y(\lambda)$ and $z(\lambda)$ are the colour matching functions for the CIE 1931 standard colorimetric observer (see CIE 15);

$\Delta(\lambda)$ is the wavelength interval over which the summation takes place.

For tristimulus values calculation, the suitable weight factor; $S(\lambda)$ from ISO 11664-2 (CIE S 014-2/E:2006) is to be used according to the illuminant, observer and wavelength interval. If not specified, illuminant D65 is to be used.

6.3.5.2 Chromaticity

The chromaticity coordinates of the full WHITE; x_W , y_W , the chromaticity coordinates of the full BLACK; x_K , y_K , and the chromaticity coordinates of the intermediate states (x_{gn}, y_{gn}) are defined as:

$$x_W = \frac{X_W}{X_W + Y_W + Z_W}, \quad y_W = \frac{Y_W}{X_W + Y_W + Z_W} \quad (10)$$

$$x_K = \frac{X_K}{X_K + Y_K + Z_K}, \quad y_K = \frac{Y_K}{X_K + Y_K + Z_K} \quad (11)$$

$$x_{gn} = \frac{X_{gn}}{X_{gn} + Y_{gn} + Z_{gn}}, \quad y_{gn} = \frac{Y_{gn}}{X_{gn} + Y_{gn} + Z_{gn}} \quad (12)$$

6.3.5.3 Chromaticity of primaries and colour reproduction

The chromaticity coordinates of the primaries R (x_r, y_r), G (x_g, y_g) and B (x_b, y_b) are defined as:

$$x_r = \frac{X_R}{X_R + Y_R + Z_R}, \quad y_r = \frac{Y_R}{X_R + Y_R + Z_R} \quad (13)$$

$$x_g = \frac{X_G}{X_G + Y_G + Z_G}, \quad y_g = \frac{Y_G}{X_G + Y_G + Z_G} \quad (14)$$

$$x_b = \frac{X_B}{X_B + Y_B + Z_B}, \quad y_b = \frac{Y_B}{X_B + Y_B + Z_B} \quad (15)$$

The colour gamut is represented by the triangle in the x - y chromaticity diagram formed by the above measured colour points (x_r, y_r) , (x_g, y_g) and (x_b, y_b) as corner points.

NOTE The colour gamut of u' and v' in the CIE 1976 chromaticity diagram (see CIE 15) is calculated from the measured x - y gamut's by using the following formula:

$$u' = \frac{4x}{3 - 2x + 12y} \quad (16)$$

and

$$v' = \frac{9y}{3 - 2x + 12y} \quad (17)$$

6.3.6 Specified conditions

The records of the measurement shall be made to describe deviations from the standard measurement conditions and include the following information:

- driving signals (waveforms, voltage and frequency);
- measuring points;
- grey-level per measured colour primary.

6.4 Viewing angle range

6.4.1 Purpose

Determination of the angles (θ, ϕ) at which maximum contrast is obtained (the peak viewing direction) and the viewing angle range (range of angles in both horizontal and vertical direction) where the conditions mentioned in this clause and subclauses are met (example: $CR_{va} = 2, 3, 4, 5$, or 10). The design viewing-direction is the preferred viewing-direction as specified by the manufacturer (see blank detail specification).

6.4.2 Measurement equipment

An LMD (spectrophotometer, luminance meter or a filter photometer), a driving power supply and a driving signal generator, and goniometer stages (both horizontal and vertical for either display or detector) are used for these measurements.

6.4.3 Contrast and luminance based viewing angle range

6.4.3.1 Measurement method

The measurements are performed in the dark room under standard measuring conditions and design viewing direction.

Determine the total range of viewing directions to be measured for determination of the viewing angle range. Care should be taken that the correct relation between light source and LMD is maintained [3], [4].

Measure luminance of the “WHITE” state, $L_{\max}(\theta, \phi)$, and “BLACK” state, $L_{\min}(\theta, \phi)$, in the normal direction as well as on all coordinates (θ, ϕ) selected, according to 6.1.4.2, and 6.1.4.3.

NOTE If the optimal direction is known, an inclination scan in azimuth direction $\phi = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ will suffice. If the optimal direction is unknown, a full scan over a wide range of inclinations and azimuth directions (θ, ϕ) may be necessary.

6.4.3.2 Definitions and evaluations

If required, calculate the contrast ratio from the measured luminance for each measurement position, according to 6.2.4.2. Determine the range (either horizontal or vertical or both) where the parameter under evaluation (luminance, contrast ratio) exceeds the chosen limiting value x . The threshold angle is noted as $\theta(\phi|x)$.

The peak viewing direction $(\theta, \phi)_{\text{peak}}$ is defined by the direction for which maximum contrast ratio $CR_{PF, \max}(\theta, \phi)$ is found.

The horizontal viewing angle range (VAR_H) and the vertical viewing angle range (VAR_V) are now defined by:

- Horizontal viewing angle range (luminance = x): $VAR_H [L: x] = \theta(0, [x]) + \theta(180, [x])$;
- Vertical viewing angle range (luminance = x): $VAR_V [L: x] = \theta(90, [x]) + \theta(270, [x])$;
- Horizontal viewing angle range (contrast ratio=CR): $VAR_H [CR: CR] = \theta(0, [x]) + \theta(180, [x])$;
- Vertical viewing angle range (contrast ratio=CR): $VAR_V [CR: CR] = \theta(90, [x]) + \theta(270, [x])$.

e.g.:

- The horizontal viewing angle range where luminance is 10 % of its maximum value is presented by $VAR_H [L: 10 \ %]$;
- The vertical viewing angle range where luminance is 10 % of its maximum value is presented by $VAR_V [L: 10 \ %]$;
- The horizontal viewing angle range of contrast ratio of 3 is presented by $VAR_H [CR: 3]$;
- The vertical viewing angle range of contrast ratio of 3 is presented by $VAR_V [CR: 3]$.

6.4.3.3 Specified conditions

Records of the measurement shall be made to describe deviations from the standard measurement conditions and further include the following information:

- selected standard measuring system and its related conditions;
- driving signals (waveforms, voltage and frequency);
- conditions for viewing angle ranges (luminance, contrast ratio);
- luminance and contrast ratio reference values.

6.4.4 Viewing angle range without grey-level inversion

6.4.4.1 Measurement method

The measurements are performed in the dark room under standard measuring conditions. The image signal supplied to the device at position p_0 shall contain N different grey-levels, equally distributed between the “black” and “white” field level, where N is larger than or equal to 8.

For each grey-level (g), incline the photometer to the 12 o'clock direction θ_{12} , of the DUT, 6 o'clock direction θ_6 , 3 o'clock direction θ_3 , and 9 o'clock direction θ_9 . Measure luminance respectively according to 6.1. Then, determine for each of the four directions d ($d = 12, 6, 3$, and 9), the angular value θ_d where there is no difference in luminance between grey-scale level g and $g+1$ ($g = 0$ to $N-1$) (see Figure 4).

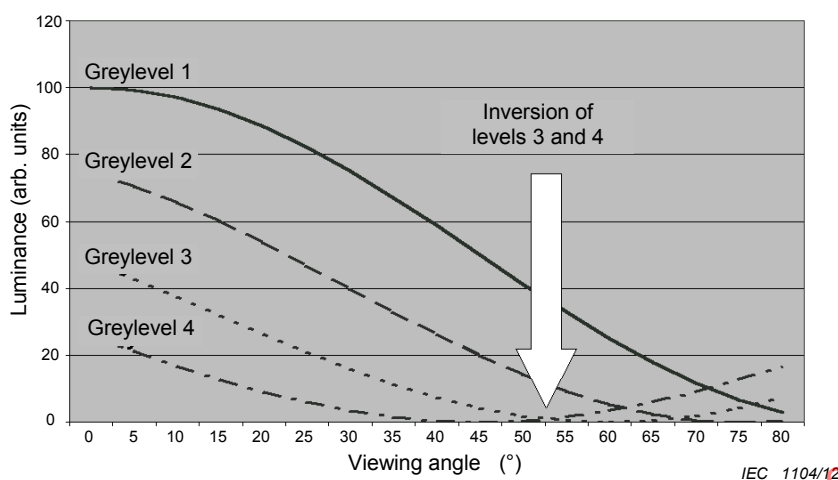


Figure 4 – Example of grey-scale inversion

6.4.4.2 Definitions and evaluations

The horizontal and vertical viewing angles without grey-level inversion are defined as:

Horizontal viewing angle without grey-level inversion:

$$\theta_{\text{GSI,H}} = \theta_3 + \theta_9 \quad (18)$$

Vertical viewing angle without grey-level inversion:

$$\theta_{\text{GSI,V}} = \theta_6 + \theta_{12} \quad (19)$$

6.4.5 Chromaticity based viewing angle range

6.4.5.1 General

Chromaticity versus viewing-direction can be evaluated using the same method as is used in viewing angle range measurement. Instead of luminance and contrast ratio, chromaticity can be used as a parameter for determining the range where the chromaticity variation lies within certain boundaries. Typically, the chromaticity coordinates, measured in the perpendicular viewing-direction (x_0, y_0), are used for reference, whereas the colour variation is calculated as $\Delta u'v'$. For the definition and evaluation, see 6.7.5.2.

6.4.5.2 Specified conditions

Records of the measurement shall be made to describe deviations from the standard measurement conditions and include the following information:

- selected standard measuring system and its related conditions;
- driving signals (waveforms, voltage and frequency);
- conditions for viewing angle ranges (luminance, contrast ratio);
- colour primary measured, if applicable.

6.4.6 Visual quality-based viewing angle range

To be implemented in a later revision of this standard.

6.5 Electro-optical transfer function – photometric

6.5.1 Purpose

The purpose of this measurement procedure is to obtain the relation between the electrical driving conditions of the DUT and the resulting optical response under specified conditions. Depending on the nature of the DUT the driving conditions may be specified by analogue voltage levels (video levels), or by digital input levels (e.g. digital R, G, B values).

6.5.2 Measurement equipment

The DUT shall be placed in the measurement arrangement and it shall be assured that all required conditions are fulfilled.

All illumination sources of the selected arrangement have to be powered on and allowed to stabilize in order to reach the required stability (see 5.5.2) before the measurement process is started.

The DUT has to be powered on and allowed to stabilize in order to reach the required stability (see 5.5.2.1) before the measurement process is started.

6.5.3 Measurement method

The first set of electrical driving conditions (i.e. analogue input voltage(s) or digital input signals) shall be applied to the DUT, then an idle-time has to be waited in order to allow the DUT to settle to a stable optical state. For an example of how to verify the idle-time to be sufficiently long, see Annex C. Then the optical quantities of interest shall be measured (i.e. luminance, spectral radiance distribution or tri-stimulus values). A new set of driving signals is applied and the procedure is repeated (see Annex A).

The measurement procedure can be formally described as follows:

- a) Apply driving signal to the full active screen area.
- b) Wait for optical output to stabilise.
- c) Perform measurement of luminance, spectral radiance distribution or tri-stimulus values.
- d) Go back to a).

The immediate result of the measurement procedure is an array of luminance values L_i (DUT) obtained from the LMD, as a function of the electrical driving condition (analogue or digital input).

Luminance value	Electrical driving
L_i	ED_i
$i = 0 \dots n$	

6.5.4 Evaluation and representation

The resulting array of luminance values and driving voltages can be listed or graphically represented in a diagram with e.g. Cartesian coordinates.

From the array of luminance values obtained as a function of the electrical state of driving, a variety of integral characteristics can be evaluated according to the respective requirements.

6.6 Electro-optical transfer function – colorimetric

6.6.1 Purpose

The purpose of this measurement procedure is to obtain the relation between the electrical driving conditions of the DUT and the chromaticity of the resulting optical response under specified conditions. Depending on the nature of the DUT the driving conditions may be specified by analogue voltage levels (e.g. video levels), or by digital input levels (e.g. digital R, G, B values).

6.6.2 Set-up

The DUT shall be placed in the measurement arrangement and it shall be assured that all required conditions are fulfilled.

All illumination sources of the selected arrangement have to be powered on and allowed to stabilize in order to reach the required stability (see 5.5.2) before the measurement process is started.

The DUT has to be powered on to be powered on and allowed to stabilize in order to reach the required stability (see 5.5.2.1) before the measurement process is started.

6.6.3 Measurement method

The first set of electrical driving conditions (i.e. analogue input voltage(s) or digital input signals) has to be applied to the DUT, then an idle-time has to be waited in order to allow the DUT to settle to a stable optical state. For an example of how to verify the idle-time to be sufficiently long, see Annex C. Then the optical quantities of interest have to be measured (i.e. spectral radiance distribution or tri-stimulus values). A new set of driving signals is applied and the procedure is repeated.

The measurement procedure can be formally described as follows:

- Apply driving signal to the full active area.
- Wait for optical response to settle to a stable state.
- Perform measurement of spectral radiance distribution or tri-stimulus values.
- Go back to a).

The immediate result of the measurement procedure is an array of spectral radiance distributions or tri-stimulus values, $S(\lambda)$ or X , Y , Z respectively, obtained from the light measurement device as a function of the electrical driving condition (analogue or digital input).

NOTE The spectral radiance distribution $S(\lambda)$ comprises a range of individual values describing the variation of the spectral radiance with the wavelength of light. The tri-stimulus values comprise three individual values according to the definition of the CIE 1931 2° colorimetric standard observer, i.e. X_i , Y_i (proportional to the luminance) and Z_i (see CIE 15).

Spectral radiance distribution	stimulus values			Electrical driving
$S(\lambda)_i$	X_i	Y_i	Z_i	ED_i
$i = 0 \dots n$				

6.6.4 Definitions and evaluations

The spectral radiance S_λ and the tri-stimulus values X_i , Y_i and Z_i can be evaluated to obtain a range of colorimetric characteristics according to the definitions of the CIE (e.g. chromaticity coordinates, saturation, hue, etc.).

These values can be listed or graphically represented in various chromaticity diagrams of CIE 15 (CIE 1931, CIE 1976 UCS, etc.).

From the array of luminance values obtained as a function of the electrical state of driving, a variety of integral characteristics can be evaluated according to the respective requirements.

6.7 Lateral variations (photometric, colorimetric)

6.7.1 Purpose

The purpose of this measurement is to determine the homogeneity of the luminance and/or colour of the DUT.

6.7.2 Measurement equipment

An LMD (luminance meter for photometric measurement or a spectrophotometer or colorimeter for colorimetric measurement), a driving power supply and a driving signal generator for the LCD devices and a positioning device capable of realizing the correct measurement geometry for all points on the DUT to be measured are used for these measurements.

6.7.3 Uniformity of luminance

6.7.3.1 Measurement method

First, the plain field contrast ratio CR_{PF} is maximised (see 6.2.4.2). Next, supply the input data signal leading to the maximum luminance state of the DUT (100 % input data signal or full white) signals to the device.

Finally, measure the maximum luminance ($L_{max,d}$) at the specified positions (d) in the active area. The measurement is done on either five (positions p_0 , p_{11} , p_{15} , p_{19} , and p_{23}) or nine (positions p_0 , p_9 , p_{11} , p_{13} , p_{15} , p_{17} , p_{19} , p_{21} , and p_{23}) points, with the LMD perpendicular to the DUT surface.

6.7.3.2 Definitions and evaluations

Determine the average of luminance of the full WHITE; $L_{W(av)}$ as per the following calculation:

$$L_{W(av)} = \frac{1}{N} \sum_{d=1}^N L_{max,d} \quad (20)$$

where N is the number of measurement positions, d is each point number.

The luminance long-range non-uniformity (LNU) is then calculated by from the individual luminance $L_{max,d}$ and the average luminance $L_{W(av)}$ according to:

$$LNU_W = \max \left| \frac{L_{W(av)} - L_{max,d}}{L_{W(av)}} \right| \quad (21)$$

$LNU_W = 0$ indicates a perfectly uniform display for the selected number of measurement positions.

6.7.4 Uniformity of white

6.7.4.1 Measurement method

The chromaticity measurement is done on either five (positions p_0 , p_{11} , p_{15} , p_{19} and p_{23}) or nine (positions p_0 , p_9 , p_{11} , p_{13} , p_{15} , p_{17} , p_{19} , p_{21} and p_{23}) points (see Figure 3), with the display driven to full-frame white (highest grey-level).

6.7.4.2 Definitions and evaluations

The chromaticity corresponding to the measurement at position i is defined by the colour coordinates x_i and y_i , as:

$$x_{w(i)} = \frac{X_{w(i)}}{X_{w(i)} + Y_{w(i)} + Z_{w(i)}}, \quad y_{w(i)} = \frac{Y_{w(i)}}{X_{w(i)} + Y_{w(i)} + Z_{w(i)}} \quad (22)$$

Deviations from the chromaticity at position i and from the chromaticity at the display centre are defined as colour differences as defined in CIE 1976 UCS system (see CIE 15):

$$\Delta u'_w = u'_{w(i)} - u'_{w(0)} \quad \Delta v'_w = v'_{w(i)} - v'_{w(0)} \quad \Delta u' v'_w = \sqrt{(\Delta u'_w)^2 + (\Delta v'_w)^2} \quad (23)$$

6.7.5 Uniformity of chromaticity

6.7.5.1 Measurement method

Measurements are taken at position p_0 (centre of the display). Supply the value of the colour input-signals of the colour to be measured (C) to all primary inputs R (red), G (green) and B (blue) to the device. Measure the tristimulus values; $X_c(i)$, $Y_c(i)$, $Z_c(i)$, respectively. The measurement is done on either five positions (p_0 , p_{11} , p_{15} , p_{19} , and p_{23}) or nine positions (p_0 , p_9 , p_{11} , p_{13} , p_{15} , p_{17} , p_{19} , p_{21} , and p_{23}).

6.7.5.2 Definitions and evaluations

The chromaticity corresponding to the measurement at position (i) is defined by the colour coordinates $x_{c(i)}$, $y_{c(i)}$, as:

$$x_{c(i)} = \frac{X_{c(i)}}{X_{c(i)} + Y_{c(i)} + Z_{c(i)}}, \quad y_{c(i)} = \frac{Y_{c(i)}}{X_{c(i)} + Y_{c(i)} + Z_{c(i)}} \quad (24)$$

Deviations from the chromaticity at position (i) from the chromaticity at the display centre are defined as colour differences in an “approximately uniform colour space”, e.g. as defined in CIE 1976 UCS system (see CIE 15).

$$\Delta u'_c = u'_{c(i)} - u'_{c(0)} \quad \Delta v'_c = v'_{c(i)} - v'_{c(0)} \quad \Delta u' v'_c = \sqrt{(\Delta u'_c)^2 + (\Delta v'_c)^2} \quad (25)$$

6.7.6 Uniformity of primary colours

6.7.6.1 Measurement method

Measurements are taken at position p_0 (centre of the display). Supply the maximum value of the colour input-signals of all primary colours R (red), G (green) and B (blue) simultaneously to the device. Next, maximise the contrast ratio at this value of the input primaries. Finally separately supply the maximum R-data, G-data and B-data input-signals to the device, with data input of the complimentary primaries set to minimum or zero, and measure the R, G and

B colour tristimulus values; $X_{r(i)}$, $Y_{r(i)}$, $Z_{r(i)}$, $X_{g(i)}$, $Y_{g(i)}$, $Z_{g(i)}$, and $X_{b(i)}$, $Y_{b(i)}$, $Z_{b(i)}$ respectively. The measurement is done on either five positions (p_0 , p_{11} , p_{15} , p_{19} , and p_{23}) or nine positions (p_0 , p_9 , p_{11} , p_{13} , p_{15} , p_{17} , p_{19} , p_{21} , and p_{23}).

6.7.6.2 Definitions and evaluations

The chromaticity corresponding to the measurement at position i is defined by the colour coordinates $x_{r(i)}$, $y_{r(i)}$, $x_{g(i)}$, $y_{g(i)}$, $x_{b(i)}$ and $y_{b(i)}$ as:

$$x_{r(i)} = \frac{X_{r(i)}}{X_{r(i)} + Y_{r(i)} + Z_{r(i)}}, \quad y_{r(i)} = \frac{Y_{r(i)}}{X_{r(i)} + Y_{r(i)} + Z_{r(i)}} \quad (26)$$

$$x_{g(i)} = \frac{X_{g(i)}}{X_{g(i)} + Y_{g(i)} + Z_{g(i)}}, \quad y_{g(i)} = \frac{Y_{g(i)}}{X_{g(i)} + Y_{g(i)} + Z_{g(i)}} \quad (27)$$

$$x_{b(i)} = \frac{X_{b(i)}}{X_{b(i)} + Y_{b(i)} + Z_{b(i)}}, \quad y_{b(i)} = \frac{Y_{b(i)}}{X_{b(i)} + Y_{b(i)} + Z_{b(i)}} \quad (28)$$

Deviations from the chromaticity at position i from the chromaticity at the display centre are defined as colour differences in an “approximately uniform colour space”, e.g. as defined in CIE 1976 UCS system (see CIE 15).

$$\Delta u'_r = u'_{r(i)} - u'_{r(0)} \quad \Delta v'_r = v'_{r(i)} - v'_{r(0)} \quad \Delta u' v'_r = \sqrt{(\Delta u'_r)^2 + (\Delta v'_r)^2} \quad (29)$$

$$\Delta u'_g = u'_{g(i)} - u'_{g(0)} \quad \Delta v'_g = v'_{g(i)} - v'_{g(0)} \quad \Delta u' v'_g = \sqrt{(\Delta u'_g)^2 + (\Delta v'_g)^2} \quad (30)$$

$$\Delta u'_b = u'_{b(i)} - u'_{b(0)} \quad \Delta v'_b = v'_{b(i)} - v'_{b(0)} \quad \Delta u' v'_b = \sqrt{(\Delta u'_b)^2 + (\Delta v'_b)^2} \quad (31)$$

6.7.7 Cross-talk

6.7.7.1 Purpose

This method is applied to the measurements of the pattern dependent cross-talk level in the display device.

6.7.7.2 Measurement equipment

A driving power supply, a driving signal generator and a luminance meter for LCD devices are used for these measurements.

6.7.7.3 Grey-scale matrix displays

6.7.7.3.1 Measurement method

First, the DUT is driven with a video level (full-frame grey), which gives a luminance value as close as possible to 50 %. The luminance is then measured at locations p_9 , p_{13} , p_{17} and p_{21} under normal viewing direction ($= 0^\circ$). Define the measured luminance at location p_i as $L_{ref}[i]$.

Next, the video information within a rectangle defined by the centres of position p_2 , p_4 , p_6 and p_8 (i.e. width and height both 40 % of the display width and height) is changed to full black and the luminance at locations p_9 , p_{13} , p_{17} and p_{21} is re-measured and called $L_{bl}[i]$. Finally, the video information within the above-defined rectangle is changed to full white and the luminance at the aforementioned positions is re-measured and called $L_{wh}[i]$.

6.7.7.3.2 Definitions and evaluations

The horizontal white cross-talk HXT_{wh} is defined as:

$$HXT_{wh} (\%) = 100 \times \max \left(\left| \frac{L_{wh} [21] - L_{ref} [21]}{L_{ref} [21]} \right| \vee \left| \frac{L_{wh} [13] - L_{ref} [13]}{L_{ref} [13]} \right| \right) [\%] \quad (32)$$

and the horizontal black cross-talk HXT_{bl} as:

$$HXT_{bl} (\%) = 100 \times \max \left(\left| \frac{L_{bl} [21] - L_{ref} [21]}{L_{ref} [21]} \right| \vee \left| \frac{L_{bl} [13] - L_{ref} [13]}{L_{ref} [13]} \right| \right) [\%] \quad (33)$$

The (total) horizontal cross-talk HXT is now defined as:

$$HXT = \max (HXT_{wh} \vee HXT_{bl}) \quad (34)$$

In the same manner, the vertical white cross-talk VXT_{wh} is defined as:

$$VXT_{wh} (\%) = 100 \times \max \left(\left| \frac{L_{wh} [9] - L_{ref} [9]}{L_{ref} [9]} \right| \vee \left| \frac{L_{wh} [17] - L_{ref} [17]}{L_{ref} [17]} \right| \right) [\%] \quad (35)$$

the vertical black cross-talk VXT_{bl} is defined as:

$$VXT_{bl} (\%) = 100 \times \max \left(\left| \frac{L_{bl} [9] - L_{ref} [9]}{L_{ref} [9]} \right| \vee \left| \frac{L_{bl} [17] - L_{ref} [17]}{L_{ref} [17]} \right| \right) [\%] \quad (36)$$

and the (total) vertical cross-talk VXT is defined as:

$$VXT = \max (VXT_{bl} \vee VXT_{wh}) \quad (37)$$

6.7.7.4 Black and white (two-level) matrix displays

6.7.7.4.1 Measurement method

Measurements are performed in the dark room under standard measuring conditions.

First, the DUT is driven with the ON signal. The luminance is then measured at locations p_9 , p_{13} , p_{17} , and p_{21} under normal viewing-direction ($= 0^\circ$). Define the measured luminance at location p_i as $L_{ONref}[i]$. Next, the drive level within a rectangle defined by the centres of position p_2 , p_4 , p_6 and p_8 (i.e. width and height both 40 % of the display width and height) is changed to the OFF signal and the luminance at locations p_9 , p_{13} , p_{17} , and p_{21} is re-measured and called $L_{OFF}[i]$.

6.7.7.4.2 Definitions and evaluations

The OFF-of-ON cross-talk $XT_{\text{OFF/ON}}$ is defined as:

$$XT_{\text{OFF/ON}} (\%) = 100 \times \max \left(\left| \frac{L_{\text{OFF}} [i] - L_{\text{ONref}} [i]}{L_{\text{ONref}} [i]} \right| : i = 9, 13, 17, 21 \right) [\%] \quad (38)$$

Next, the DUT is driven with the OFF signal. The luminance is then measured at locations p_9 , p_{13} , p_{17} , and p_{21} under normal viewing direction ($= 0^\circ$). Define the measured luminance at location p_i as $L_{\text{OFFref}} [i]$. Next, the drive signal within a rectangle defined by the centres of position p_2 , p_4 , p_6 , and p_8 (i.e. width and height both 40 % of the display width and height) is changed to ON signal and the luminance at locations p_9 , p_{13} , p_{17} , and p_{21} is re-measured and called $L_{\text{ON}} [i]$.

The ON-of-OFF cross-talk $XT_{\text{ON/OFF}}$ is defined as:

$$XT_{\text{ON/OFF}} (\%) = 100 \times \max \left(\left| \frac{L_{\text{ON}} [i] - L_{\text{OFFref}} [i]}{L_{\text{OFFref}} [i]} \right| : i = 9, 13, 17, 21 \right) [\%] \quad (39)$$

The result of this measurement may be considerably affected by the resolution of the LMD. In order to increase the resolution of the measurement the following choices are available among others:

- change the viewing-direction in order to make the crosstalk more visible; or
- change to operating (battery) voltage in order to make the crosstalk more visible.

Both modifications shall be explicitly specified in the results.

6.7.8 Mura

To be implemented in a later revision of this standard.

6.7.9 Image sticking

To be implemented in a later revision of this standard.

6.7.10 Specified conditions

The records of the measurement shall be made to describe deviations from the standard measurement conditions and include the following information:

- driving signals (waveforms, voltage and frequency);
- measuring points.

6.8 Reflectance from the active area surface

6.8.1 Purpose

Reflections of ambient light sources from the display surface are very disturbing (discomfort glare, disability glare) and they should be avoided or at least reduced in order to not adversely affect the visual performance of LCDs. In this standard only non-Lambertian reflections are considered, because LCDs usually do not exhibit Lambertian diffuse reflection components. The amount of scattering from a matte surface can be characterized by two suitable specular reflectance measurements with different light source apertures.

This method is applied to the measurements of the specular surface reflectance from the active area of the display device due to the input light from the outside of the device.

6.8.2 Measurement equipment

Light source with adjustable aperture (1° and 15°), an LMD and positioning mechanism are required.

6.8.3 Measurement method

The measurements are performed in the dark room under standard measuring conditions at the centre of the display active area. Light source, DUT and luminance meter are positioned so that source and meter are coplanar and inclined about 15° with respect to the DUT surface normal as shown in Figure 5.

Light source requirements:

- The light source(s) shall provide a uniform luminance across the exit aperture. The deviation of luminance shall be less than 5 %.
- The light source luminance shall be stable over time. No long-term or short-term luminance fluctuations shall exceed 1 %.
- In order to assure a high signal-to-noise ratio for the luminance meter, the luminance of the light source shall be sufficiently high (e.g. 5 k cd/m^2 and more).
- The spectral distribution of the light source shall be specified. It is recommended to use light sources with a correlated colour temperature as close to illuminant D65 as possible.

The aperture angles of the light source(s) are measured from the centre of the measuring spot located on the DUT. No other light source shall be involved in the measurement (e.g. the DUT shall not be illuminated by a backlight unit, however, the specular reflectance may be evaluated in the OFF-state, the "dark" or the "bright" state of the DUT). The luminance meter shall be focused on the exit port (i.e. aperture) of the light source. If focusing is not possible due to a scattering surface of the DUT (i.e. anti-glare layer) use a microscope cover glass or a clear plastic adhesive tape to carry out the mechanical adjustment to the specular position and the focusing. The measurement field of the luminance meter shall not exceed $0,5^\circ$ in the case of the 1° source aperture and 1° in the case of the 15° source aperture. The measurement field (i.e. measuring spot) shall be centred inside the exit aperture of the source. In order to obtain an indication for the non-specular components in the reflectance, the reflectance of the DUT is measured under two different illumination conditions.

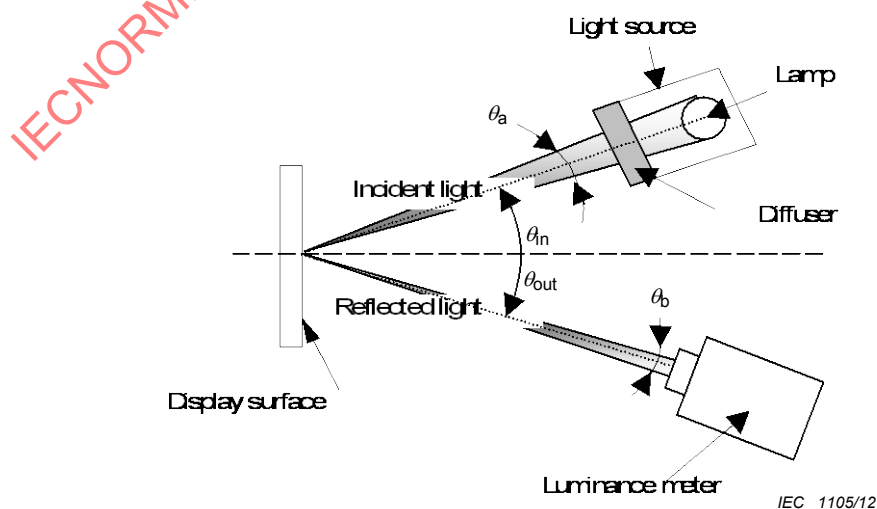


Figure 5 – Example of standard set-up for specular reflection measurements

The power and driving signal are not supplied to the device. The angle of observation by the luminance meter to the display surface shall be

$$\theta_{\text{out}} = \theta_{\text{in}} \quad (40)$$

The total aperture angle of the illuminating light should be $\theta_a = 1^\circ$ for measurement of R_1 and $\theta_a = 15^\circ$ for measurement of R_{15} . The total aperture angle of the luminance meter shall be $0,1^\circ < \theta_b < 0,5^\circ$ and be kept fixed and equal during both measurements. The distance between the surface of the DUT and the light source is l_1 ($l_1 = 50$ cm is a commonly used value); the distance between the surface of the DUT and the luminance meter is l_2 (also often 50 cm).

Measure the luminance from the source $L_R [i]$ after reflection from the DUT at the centre position ($i = 0$). The detector shall be focused at the lamp (rather than the display surface). Calibrate the light source by positioning the luminance meter directly in front of the light source at distance $l_1 + l_2$ and thus measure L_{01} and L_{15} for both apertures of the light source, 1° and 15° .

NOTE Because of the dependence on the orientation of liquid crystal molecules, the reflectance values can be dependent on the LCD driving state (off, black or white).

6.8.4 Definitions and evaluation

The reflectance factor from the centre position $R [i=0]$ is given by Equations 41 and 42:

$$R_1[0] = \frac{L_R[0]}{L_{01}} \quad (\theta_a = 1^\circ) \quad (41)$$

and

$$R_{15}[0] = \frac{L_R[0]}{L_{15}} \quad (\theta_a = 15^\circ) \quad (42)$$

With increasing scattering the difference between R_1 and R_{15} also increases. The perfect flat non-scattering surface does not exhibit any differences between R_1 and R_{15} .

6.8.5 Specified conditions

The records of the measurement shall be made to describe deviations from the standard measurement conditions and include the following information:

- Angles for the incident light (θ_{in}) and the reflected light for the luminance meter (θ_{out});
- aperture angles of the light source (θ_a) and the luminance meter;
- type of light source (spectrum and luminance);
- driving-state of the display device.

Special care should be used when a 1° source geometry is used due to a higher probability of error.

6.9 Spectral transmittance factor

6.9.1 Purpose

The purpose of this method is to determine the spectral transmittance of a liquid crystal cell when it is supplied separately from the light source. If the characteristics of the backlight

system to be used are known or assumed, these can be used to provide virtual luminance values for measurement and calculation of other optical parameters (e.g. contrast ratio).

6.9.2 Measurement equipment

Spectrophotometry method measures spectral radiance using a spectrophotometer and determines tristimulus values using a spectrophotometer.

The spectrophotometer for spectrophotometry is classified into the first-class or second-class spectrophotometer according to CIE 15.

6.9.3 Definitions and evaluation

The spectral transmittance factor, $T(\lambda)$, of the DUT is determined by comparing the DUT to the light source. Below, the measurement procedure for single beam instruments is shown, but dual beam instruments can be used as well.

- Measure the light source, and read a value of $T_w'(\lambda)$.
- Position the DUT in the light path, and record a value of $T'(\lambda)$.
- Determine the spectral transmittance factor $T(\lambda)$ of the DUT according to the following formula:

$$T(\lambda) = \frac{T'(\lambda)}{T_w'(\lambda)} \quad (43)$$

Where

$T(\lambda)$ is the spectral transmittance factor of the DUT;

$T'(\lambda)$ is the radiance value of each wavelength of the DUT;

$T_w'(\lambda)$ is the radiance value of each wavelength of the light source.

- Tristimulus values; X , Y , Z are calculated in principle as follows:

$$X = K \sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{x}(\lambda) T(\lambda) \Delta\lambda \quad (44)$$

$$Y = K \sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) T(\lambda) \Delta\lambda \quad (45)$$

$$Z = K \sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{z}(\lambda) T(\lambda) \Delta\lambda \quad (46)$$

$$K = \frac{100}{\sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda} \quad (47)$$

Where

$S(\lambda)$ is the relative spectral radiant power distribution of the light source;

$x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ are the colour matching functions for CIE 1931 standard observer (see CIE 15);

$T(\lambda)$ is the spectral transmittance factor of the DUT;

$\Delta(\lambda)$ is the wavelength interval for tristimulus values calculation.

For tristimulus values calculation, the suitable weight factor, $S(\lambda)$, from ISO 11664-2 (CIE S 014-2/E:2006) is to be used according to the illuminant, observer and wavelength interval. If not specified, an illuminant as close to D65 as possible shall be used.

6.10 Temporal variations

6.10.1 Response time

6.10.1.1 Purpose

Determination of the time needed to change from light to dark (dark to light) by application of the driving voltage. Light and dark states may also be interpreted as any two grey-levels in a grey scale-capable display. Response times can thus be determined between any two grey-levels.

By convention, the response of LCDs to an increase in driving voltage is called "turn-on" whereas the relaxation following a decrease of the driving voltage is called "turn-off". While this definition is straightforward in the case of segment- and low resolution LCDs, it is significantly more complicated in the case of high resolution matrix LCD-screens due to the complex data-processing included in such a display³.

6.10.1.2 Measurement equipment

An LMD with sufficient frequency response and sufficiently fast response time, a power supply, a driving signal generator, a trigger signal generator and a recorder.

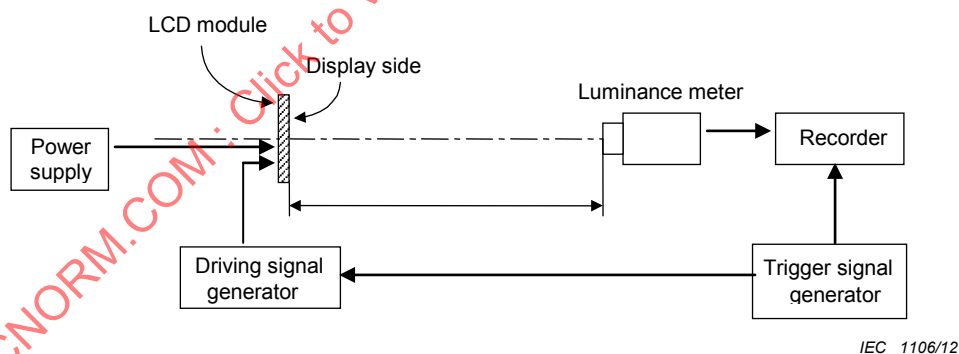


Figure 6 – Example of equipment for measurement of temporal variations

6.10.1.3 Measurement method

The measurements are performed in the dark room under standard measuring conditions.

Use the measurement circuit system as shown in Figure 6, and measure response curves. For an example, see Figure 7.

³ As a consequence ISO 13406-2 (now withdrawn – see ISO 9241-307) uses the term "image formation time" (sum of turn-on and turn-off) with the distinction of positive and negative contrast polarity (the turn-on process in the case of positive contrast polarity then is the switching from "light" to "dark" as required to generate an image on the bright background).

The electrical signal of the detector, which is positioned at the design-viewing direction at position p_0 (see Figure 3), is conducted to the recorder. The display is driven by an invertible plain field signal from a signal generator. Upon inverting, the signal shall go from start level to end level without displaying any intermediate level on the display. The frequency of inversion shall be low enough to allow the display to obtain optical equilibrium in each of the two states. A trigger signal is sent to the recorder upon inversion of the video at position p_0 . If the trigger signal has another timing (e.g. at the beginning of the field), corrections shall be made to allow for the scanning time t_s needed for video-signal inversion to arrive at position p_0 . The luminance meter measures the optical response. Ripples in the detected signal due to not relevant effects (e.g. originating from the display frame-frequency) shall be eliminated from the response. The luminance in the light mode is chosen as 100 % and in the dark mode as 0 %.

Caution: for high resolution displays ($> 320 \times 240$ pixels), care should be taken that the measured response times are not significantly influenced by the time needed by the display for the (line-sequential) “scanning” of the measuring spot. If the display frame-time is indicated by $T = 1/f_{\text{FRM}}$, (with f_{FRM} the frame frequency) the display has N_{row} rows with a vertical pixel-pitch of V_{pitch} , leading to a display height (i.e. display-dimension in the “scanning direction”) of $H = N_{\text{row}} \times V_{\text{pitch}}$, and the diameter of the measuring-spot in the same direction is given by S , then the measured response-times t (see below) should obey:

$$t \geq 5 T \frac{S}{H} \quad (48)$$

6.10.1.4 Definitions and evaluation

The times needed for the luminance at position p_0 to change from 0 % $\rightarrow$ 90 % (t_1) and 100 % $\rightarrow$ 10 % (t_2) are measured (see Figure 7). Also, at the same position, the times needed for the luminance to change from 10 % $\rightarrow$ 90 % (τ_1) and 90 % $\rightarrow$ 10 % (τ_2) are measured. We now define the turn-on and turn-off time t_{on} and t_{off} for the normally white (normally black) DUT according to:

$$t_{\text{on}} = t_2 \quad (t_1) \quad (49)$$

and

$$t_{\text{off}} = t_1 \quad (t_2) \quad (50)$$

and the rise-time (t_r) and fall time (t_f) according to:

$$t_r = \tau_2 \quad (\tau_1) \quad (51)$$

and

$$t_f = \tau_1 \quad (\tau_2) \quad (52)$$

Both on- and off- times as well as rise- and fall-times are examples of (dynamic) response times, also called “switching” times; in other words, the (dynamic) response time and switching time are general terms that are not strictly defined. The difference between turn-on/turn-off times on the one hand and rise/fall times on the other is called the delay time.

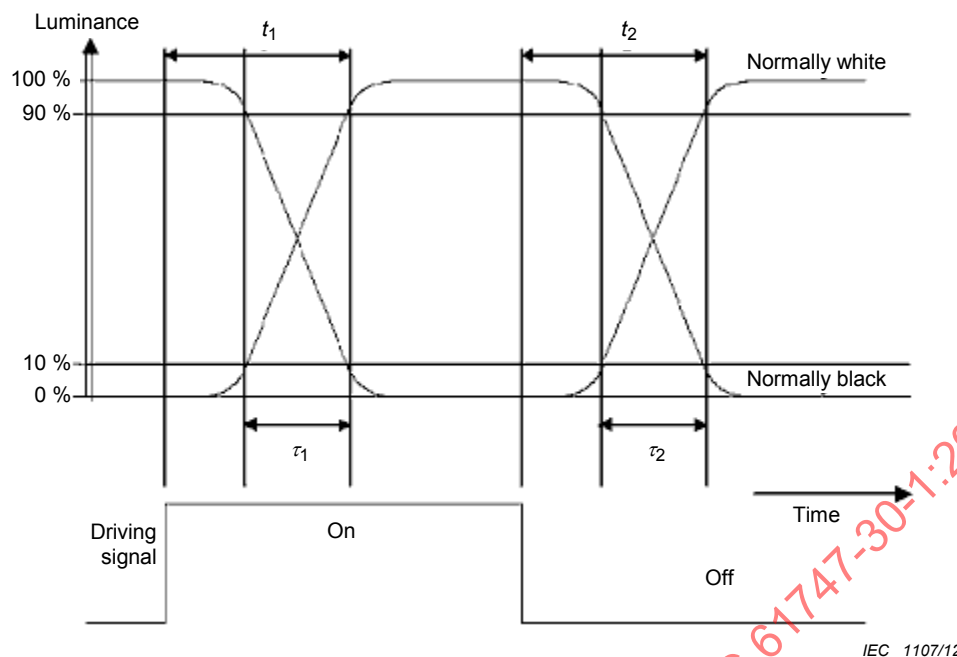


Figure 7 – Relationship between driving signal and optical response times

6.10.1.5 Specified conditions

The records of the measurement shall be made to describe deviations from the standard measurement conditions and include the following information:

- driving signals (waveforms, voltage and frequency);
- measurement equipment and detector specification;
- colour and / or grey level displayed;
- if use is made of the term switching-time or (dynamic) response time, explanation of the use should be given in the detail specification and deviations from the above prescribed nomenclature should be given when using other names for any of these times.

6.10.2 Flicker / frame response (multiplexed displays)

6.10.2.1 Purpose

This method is used for assessment of the temporal variation of display luminance for multiplexed and/or matrix displays. Although this is often called "flicker" by people active in the field, the latter name is, strictly speaking, reserved for the perceptual effects of this temporal variation. Note therefore that the actual flicker, i.e. the visual perception of temporal fluctuations, is a complicated matter depending among other things on the luminance and colour of the light source as well as the direction at which it is observed. One part (6.10.2.4) focuses on determination of the temporal fluctuations, where only the frequency response of the human visual system is taken into account to determine this flicker. The other part (6.10.3) uses a metric to predict flicker visibility from the measured temporal luminance variation. More relevant information about the technical and perceptive issues of display flicker can be found in [5], [6] and [7].

6.10.2.2 Measurement equipment

An LMD or a fast luminance-sensitive photodiode, a power supply and a driving signal generator. The -3dB frequency of the LMD shall be 10 times higher than the frame-frequency of the display

6.10.2.3 Measurement method

First, the contrast ratio is adjusted to the maximum value. Next, the luminance is adjusted to 50 % of its maximum (by selecting the appropriate grey-level or video input signal). Thereafter, measure the luminance at the centre of the active area or the segment of interest by the luminance meter or luminance-sensitive photodiode as a function of time. In order to account for the frequency response of the human visual system, the signal from the luminance meter may be passed through an integrator with visual sensitivity characteristics (see Figure 8) before recording of the frequency response on the frequency analyser. (Alternatively, the frequency response of the human visual system may be taken into account by numerical multiplication of the measured power-spectrum with the response-function given in Figure 8)

6.10.2.4 Definitions and evaluation

For each thus found frequency $60 \text{ Hz} > f > 0 \text{ Hz}$, determine the power present in the spectrum and find the component with the highest power value $P_f^{\max}$. For an example of a power spectrum, see Figure 9. The flicker level F is obtained according to:

$$F = 10 \times \log_{10} \left(\frac{P_f^{\max}}{P_0} \right) \quad [\text{dB}] \quad . \quad (53)$$

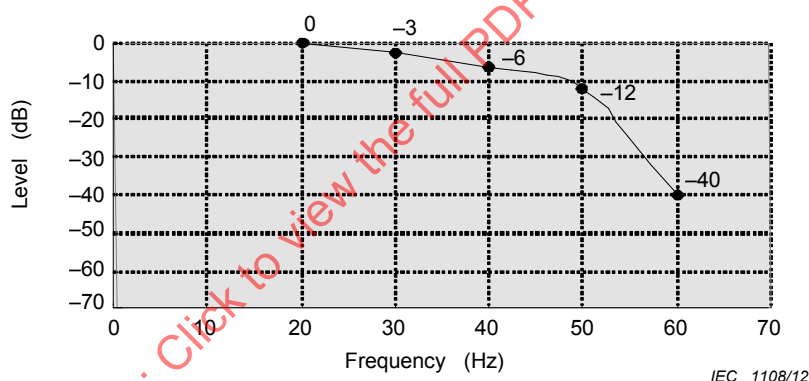


**Figure 8 – Frequency characteristics of the integrator
(response of human visual system)**

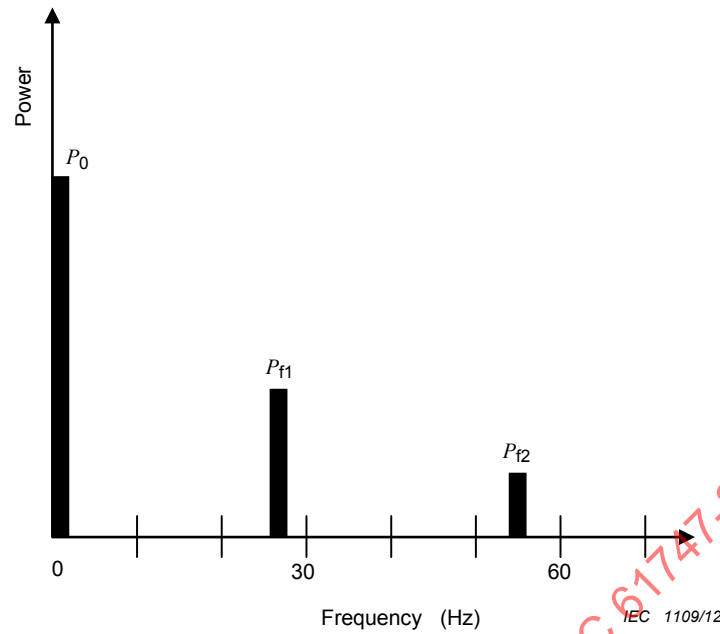


Figure 9 – Example of power spectrum

An FFT analyzer should be used for evaluation.

6.10.3 Critical flicker frequency

From the measured temporal luminance distribution we would like to predict if flicker will be observed. For this, the model already described by Farrell [6] can be successfully used [7]. The calculated value represents the lowest refresh rate to render a display flicker-free and is called the critical flicker frequency (*CFF*). If the refresh rate of a display is higher than the *CFF*, it is predicted that the observer will not perceive flicker.

$$CFF = m + n\{\ln[E_{\text{ret}} \times M(f)]\} \quad (\text{Hz}) \quad (54)$$

$$\begin{cases} E_{\text{ret}} = L \times A_{\text{pupil}} & (\text{td}) \\ A_{\text{pupil}} = \pi \times (d/2)^2 & (\text{mm}^2) \\ d = 5 - 3 \times \tanh[0,4 \times \log(L \times 3,183)] & (\text{mm}) \end{cases} \quad (55)$$

where E_{ret} is the retinal illumination, which depends on the luminance entering the eye (L) and the pupil area (A_{pupil} , which in turn depends on the pupil diameter d), $M(f)$ represents the normalized modulation amplitude of the fundamental frequency, derived from the time-varying screen luminance, and m and n are parameters, only depending on the display size (for the applicable values, see [6]). Both the calculated *CFF*-value as well as the used refresh rate shall be noted in the report.

6.10.4 Specified conditions

Records of the measurement shall be made in order to describe deviations from the standard measurement conditions (see Annex A) and shall include the following information:

- driving signals (waveforms, voltage and frequency);
- the absolute value of the luminance at which the flicker measurement was performed (i.e. 50 % of the maximum value of the device).

6.11 Electrical characteristics

6.11.1 Purpose

This method is applied to the measurements of power consumption and current for the liquid crystal display devices, which are composed of a display module, driving circuit for the module and/or logic circuit.

6.11.2 Measurement equipment

The electrical characteristics are measured by using a driving power supply, DC voltage meter, DC current meter and a pattern generator.

6.11.3 Measurement method

6.11.3.1 Matrix displays

6.11.3.1.1 Standard power consumption measuring method

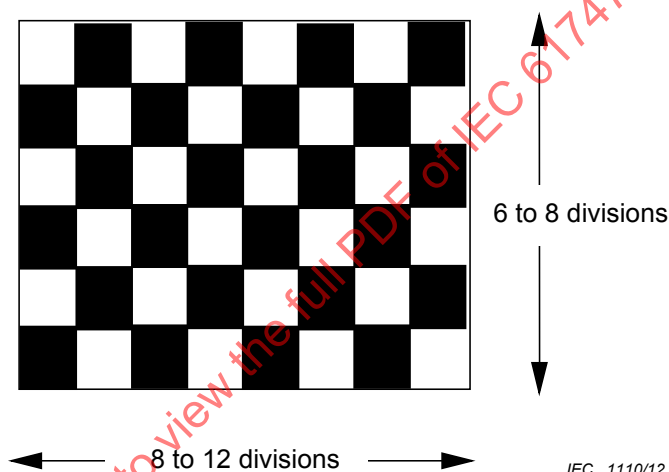


Figure 10 – Checker-flag pattern for current and power consumption measurements

The measurements are performed under standard measuring conditions. Supply the checker-flag pattern signal to the liquid crystal display device by using driving signals and special pattern generator such that the bright and dark area is equally displayed as shown in Figure 10. The maximum contrast ratio is to be achieved in the pattern by optimising display signals. The voltage supplied to the circuits in the display device is set to the nominal values specified in the detail specification.

If the module has a built-in backlight system, the power consumption of the backlight system is determined with the luminance set to the maximum specified value.

Measure the currents of I_1 , I_2 , and I_3 of the drive circuits, flowing in the following circuits shown in Figure 11.

6.11.3.2 Segment displays

All display segments of interest shall be connected in such a way that their individual currents are added in the overall driving current.

6.11.4 Definitions and evaluations

6.11.4.1 Power consumption

The power consumption in each of the circuits is calculated by the following formulas:

- Power consumption in the logic circuit: $P_1 = E_1 \times I_1$;
- Power consumption in the liquid crystal display driving circuit: $P_2 = E_2 \times I_2$;
- Total power consumption in the display device: $P_0 = P_1 + P_2$.

When the liquid crystal display device has grey scale display capability, the measurements are carried out using the grey scales corresponding to the maximum and minimum luminance.

When the standard checker flag pattern shown in Figure 10 is not used for the measurement, specify the used display pattern such as colour bar, grey scale pattern, checker pattern, etc. in the detail specification.

If the circuit is not separated between logic and liquid crystal driving circuitry, measure the total voltage and current for the calculation of total current and power consumption in the liquid crystal display device.

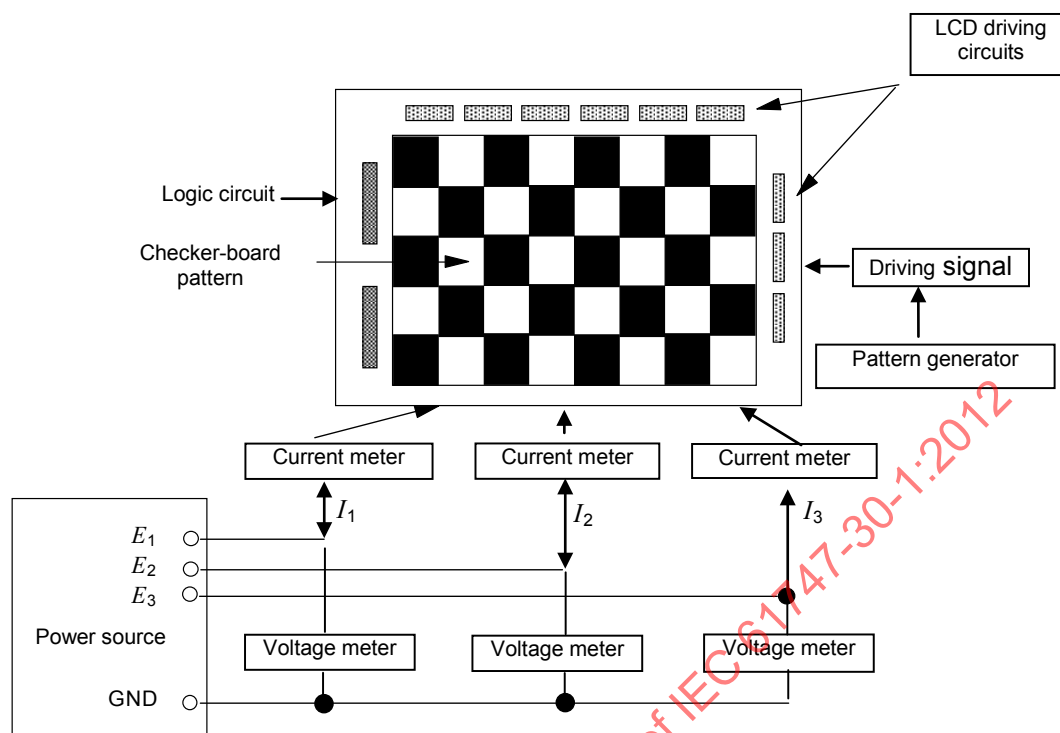
6.11.4.2 Maximum power consumption

Adjust the conditions for liquid crystal driving and driving voltage which are specified in the detail specification for the maximum power consumption. In these conditions, the measured individual and total power consumption is defined as the corresponding maximum power consumption.

6.11.5 Specified conditions

The records of the measurement shall be made to describe deviations from the standard measurement conditions and include the following information:

- liquid crystal display driving signal frequency(displayed pattern signal condition);
- conditions for maximum power consumption;
- standard operation voltage(s);
- logical states of the data inputs to the segments (segment displays only);
- backlight system when the device has only a light source, specify its driving condition;
- design luminance.



IEC 1111/12

Figure 11 – Example of measuring block diagram for current and power consumption of a liquid crystal display device

6.12 Warm-up characteristics

6.12.1 Purpose

This method is applied to the measurements of turn-on luminance transient characteristics for the transmissive type liquid crystal display devices with built-in backlight system (these effects are mostly due to warm-up).

6.12.2 Measurement equipment

A luminance meter, a driving power supply and a driving signal generator for LCD devices are used for these measurements.

6.12.3 Measurement method

The measurement shall be performed under dark-room and standard measurement conditions unless otherwise specified.

The DUT shall be supplied with all voltages and input data required to obtain the maximum transmittance of the LCD. The measurement of the luminance as a function of time shall be carried out at position p_0 and the luminance is recorded versus time until the observed fluctuations of luminance become less than 1 % of the mean value. This mean value has to be obtained by taking at least 10 measurements over a period of typically 15 minutes (see Figure 12). The mean luminance level after having settled to the stable state is called the "luminance value after stabilization, L_{stab} ". All measuring conditions have to be kept stable over the time period of recording the luminance.

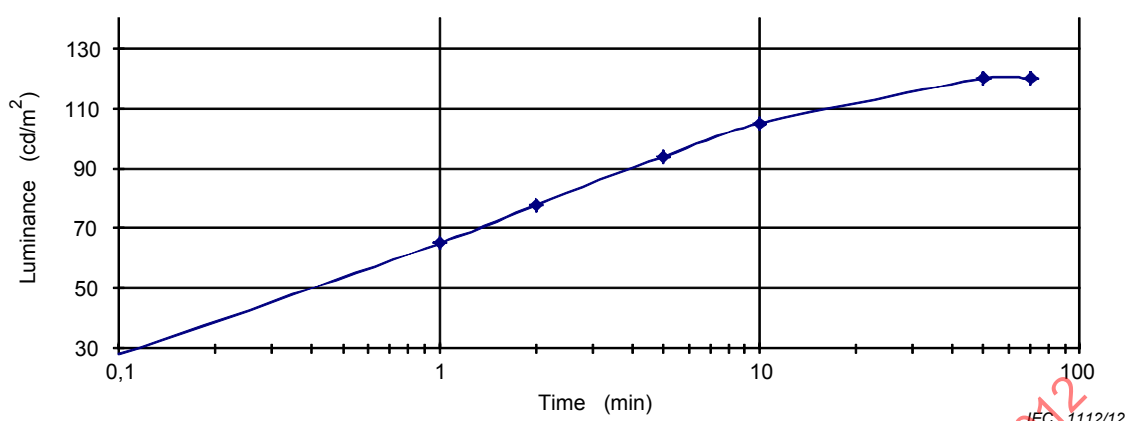


Figure 12 – Example of warm-up characteristic

Numerical characteristics can be derived from the recorded luminance versus time values by computation of e.g. t_{90} (time period required for the luminance to reach 90 % of L_{stab}).

When the time dependent luminance data are required for other positions, measure the luminance at these positions

6.12.4 Specified conditions

The records of the measurement shall be made to describe deviations from the standard measurement conditions and include the following information:

- driving signals (waveforms, voltage and frequency);
- timing of data-acquisition (sampling frequency and integration period).

Annex A (informative)

Standard measuring conditions

A.1 Equipment

Luminance meter: devices for measuring luminance can be realized by:

- a spectroradiometer with numerical $V(\lambda)$ correction;
- a photometer with filter adaption to $V(\lambda)$.

Colorimeter: Devices for measuring colour can be realized by:

- a spectroradiometer with numerical evaluation;
- a filter-colorimeter

A.2 Standard lighting conditions

The display devices are mostly used in environmental lighting conditions such as office work and home utility for personal computers, word processor, audio-visual instruments, telephones, etc. The lighting conditions are considered in ISO 9241-7. In this document, the guidelines for the Visual Display Terminal are employed from NIOSH (National Institute of Safety and Health in U.S.A.) and the Labour Ministry in Japan and the luminance of the surface of active area in the vertical direction is specified.

A.3 Device without built-in backlight system

The type-D65 light source is different in colour temperature and spectrum from normally used (incandescent or fluorescent) light source characteristics for liquid crystal display devices. At present, a more appropriate standardized light source cannot be found so that the type-D65 light is specified in this standard.

A.4 Light measurement methods and equipment

A.4.1 Apparatus for angular resolved luminance measurement

It is of vital importance for all measurements of light transmitted through a sample to control the geometric conditions of the light source, the sample (DUT) and of the LMD in order to assure significance of the measurement and reproducibility. No matter how such a positioning is realized (see below), the positioning shall be stable and reproducible.

Measurement of the light transmitted through LCDs as a function of the direction of observation (i.e. viewing-direction) can be carried out with two classes of instruments [2]:

- mechanical scanning devices;
- optical scanning instruments (conoscopic method).

Both approaches are allowed for measurement and evaluation of LCDs as described in this standard.

A.4.2 Light measuring devices

Light measuring devices [LMDs] that can be used for the purpose of this standard comprise the following components:

- an optical system for imaging a well-defined spot of the DUT onto the detector;
- an optical system for viewing the measuring spot on the DUT (viewport);
- an opto-electrical detector;
- electronics for amplification, processing and storage of the electrical signal(s) from the detector.

Aspects that have to be taken into account, measured and specified are:

- angular aperture (shall be below 5°);
- sensitivity to polarization of light;
- linearity;
- stray-light;
- data-acquisition timing;
- frequency range and integration periods.

The spectral sensitivity of LMDs that can be used for the purpose of this standard are classified as follows:

- photometric (referring to radiation as evaluated according to the spectral luminous efficiency function of the human eye, $V(\lambda)$ CIE 1931) (see CIE 15);
- colorimetric (according to the tristimulus values X , Y and Z according to CIE 1931) (see CIE 15);
- spectro-radiometric (providing spectrally resolved radiant energy data).

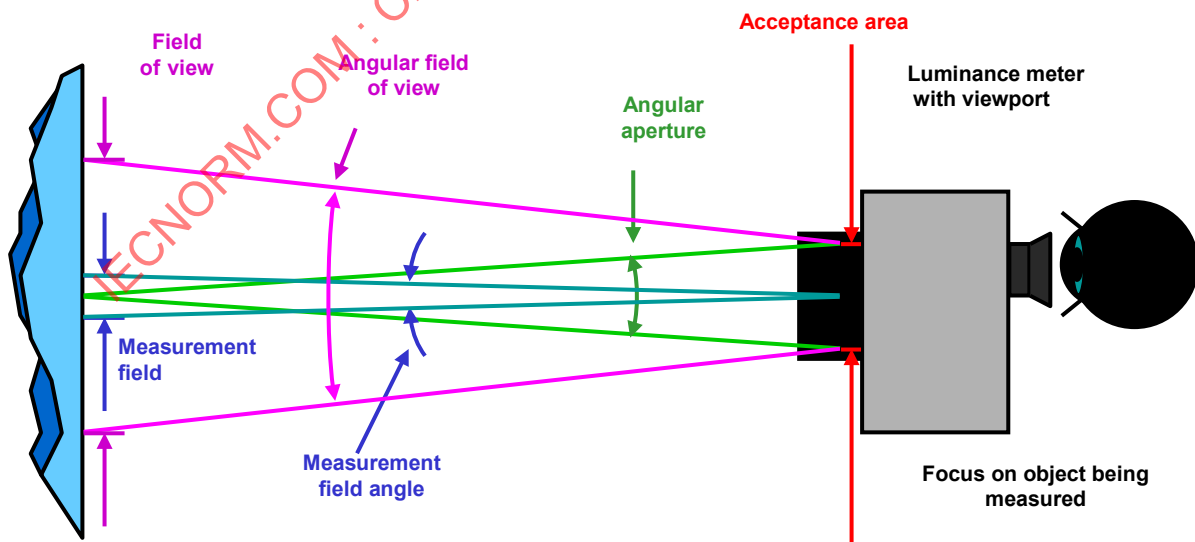


Figure A.1 – Terminology for LMDs

In addition to LMDs that form an average value for the measured quantity over the spot under consideration (i.e. measurement field or spot, spot-meters), there is the class of imaging-LMDs which give a value (or an array of values, e.g. R, G and B) for each individual area-element on the DUT. Such LMDs can replace a sequential mechanical scan of e.g. the surface of a display by a "snapshot" of the DUT and subsequent evaluation of the data.

Aspects to be considered when imaging LMDs are used:

- stray-light within LMD (e.g. lens flare, veiling glare);
- non-uniformities of sensitivity across detector area;
- $\cos^4\theta$ variation of detector illuminance;
- others.

In addition to the class of LMDs that are forming an image of the measurement field on the detector, there is also a class of LMDs that are directly imaging the directional distribution of light emerging from the measurement field on the DUT. These devices are called "conoscopic LMDs" [2].

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61747-30-1:2012

Annex B (informative)

Devices for thermostatic control

Measurements on LCDs generally have to take place under controlled, known circumstances. One of the parameters is temperature. In some cases it is sufficient to operate the DUT under controlled atmospheric (room) conditions to achieve a known, stable temperature. Sometimes, however, it is necessary to thermostatically control the display itself.

This can be done in a variety of manners. One method is to suspend the entire DUT inside a thermostatic chamber. As long as the DUT does not generate heat, this method is very reliable, but can be impractical if the LMD shall be placed inside the thermostatic chamber as well. Another method mounts the DUT on top of a thermostatically controlled surface. This is more practical, but may require measures preventing condensation if the target temperature is below room temperature.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61747-30-1:2012

Annex C

(informative)

Measuring the electro-optical transfer function

Liquid crystal displays are light-modulating devices. The light that is transmitted by an LCD cell is a function of the applied RMS voltage. This relation is called the "electro-optical transfer function".

The measurement of this relation is done by starting at a low voltage (e.g. 0 V), applying small increments in voltage to an LCD cell and measuring the light transmission after each increment, until a predefined high voltage is reached (e.g. 5 V). Care should be taken to allow sufficient time between changing the voltage and measuring the transmission, ensuring a stable optical transmission to be measured. If required, a verification of the measurement can be done by starting at the high voltage level and performing the measurement once more in the reverse direction, applying small decrements in voltage. Both measurements shall yield the same result.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61747-30-1:2012

Annex D (informative)

Planned future structure

Part number	Part title	Remarks
61747-1-1	Generic – Generic specification	Amends and replaces IEC 61747-1 (Clauses 1, 2, 4, 5, and 6). Amends and replaces IEC 61747-5 (General part of Clause 4").
61747-1-2	Generic – Terminology and letter symbols	Amends and replaces IEC 61747-1 (Clauses 1, 2, and 3)
61747-2	Liquid crystal display modules - Sectional specification	Maintain IEC 61747-2
61747-2-1	Passive matrix monochrome LCD modules - Blank detail specification	Maintain IEC 61747-2-1
61747-2-2	Matrix colour LCD modules - Blank detail specification	Maintain IEC 61747-2-2
61747-3	Liquid crystal display (LCD) cells - Sectional specification	Keep IEC 61747-3
61747-3-1	Liquid crystal display (LCD) cells - Blank detail specification	Keep IEC 61747-3-1
61747-4	Liquid crystal display modules and cells - Essential ratings and characteristics	Keep IEC 61747-4
61747-4-1	Matrix colour LCD modules - Essential ratings and characteristics	Keep IEC 61747-4-1
61747-10-1	Environmental, endurance and mechanical test methods - Mechanical	Amends and replaces IEC 61747-5 Clause 1 and 2
61747-10-2	Environmental, endurance and mechanical test methods - Environmental and endurance	Amends and replaces IEC 61747-5 Clauses 1 and 3
61747-10-4	Environmental, endurance and mechanical test methods - Glass strength and reliability	Replaces IEC 61747-5-3
61747-20-1	Visual inspection - Monochrome liquid crystal display cells (Excluding all active matrix liquid crystal display modules)	Amends and replaces IEC 61747-5 Clause 6
61747-20-2	Visual inspection - Monochrome matrix liquid crystal display modules (Excluding all active matrix liquid crystal display modules)	Amends and replaces IEC 61747-5 Clause 5
61747-20-3	Visual inspection - Active matrix colour liquid crystal display modules	Replaces IEC 61747-5-2
61747-30-1	Functional measurement methods for liquid crystal display modules - Transmissive type	Replaces IEC 61747-6
61747-30-2	Functional measurement methods for liquid crystal display modules - Reflective type	Replaces IEC 61747-6-2
61747-30-3	Functional measurement methods for liquid crystal display modules - Transmissive type motion artifact	Replaces IEC 61747-6-3
61747-40-1	Components - Mechanical testing guidelines for display cover glass for mobile devices	Replaces IEC 61747-5-4 (not published)

Bibliography

ISO 9241-7, *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 7: Requirements for display with reflections (withdrawn)*

- [1] M. E. Becker, "LCD Visual Performance Characterization and Evaluation", 1999 SPIE Flat Panel Display Technology and Display Metrology Conference, San Jose
- [2] M. E. Becker, "Measuring LCD Optical Performance", SID 1996, San Diego, Application Seminar A-4
- [3] M. E. Becker, "Viewing-cone Analysis of LCDs: a Comparison of Measuring Methods", SID 1996, San Diego, p. 199
- [4] M. E. Becker, J. Neumeier, "Measuring LCD electro-optical performance", SID 1992, Boston, Application Notes, p. 50
- [5] Vesa Flat Panel Display Measurements Standard, Version 2.0
- [6] J. E. Farrell, et al., "Predicting flicker thresholds for video display terminals", Proc. of the SID 28, No. 4, (1987), pp. 449–453.
- [7] L. Wang, C. Teunissen, Y. Tu, and L. Chen, "Flicker visibility in scanning-backlight displays", Journal of the SID 16/2, (2008), pp. 375-381

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61747-30-1:2012

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	51
INTRODUCTION	53
1 Domaine d'application	54
2 Références normatives	54
3 Termes, définitions et abréviations	54
3.1 Termes et définitions	54
3.2 Abréviations	55
4 Eclairage et géométrie de l'éclairage	55
4.1 Commentaires et remarques généraux concernant la mesure des LCD transmissifs	55
4.2 Système de coordonnées de la direction d'observation	56
4.3 Géométries d'éclairage standard	56
5 Montage et équipement de mesure standard	57
5.1 Dispositifs de mesure de la lumière (LMD)	57
5.2 Positionnement et alignement	57
5.3 Montages de mesure standard	57
5.3.1 Conditions relatives au LMD	57
5.3.2 Effets de l'inclinaison du récepteur	58
5.4 Emplacements standard du champ de mesure	59
5.4.1 Afficheurs matriciels	59
5.4.2 Afficheurs à segments	59
5.5 Conditions de fonctionnement normales des DUT	60
5.5.1 Généralités	60
5.5.2 Conditions ambiantes normales	60
5.6 Processus de mesure normal	60
6 Mesures et évaluations normales	61
6.1 Luminance – photométrie	61
6.1.1 But	61
6.1.2 Équipement de mesure	61
6.1.3 Méthode de mesure	61
6.1.4 Définitions et évaluations	62
6.2 Rapport de contraste	62
6.2.1 But	62
6.2.2 Équipement de mesure	62
6.2.3 Méthode de mesure	62
6.2.4 Définitions et évaluations	63
6.2.5 Conditions spécifiées	64
6.3 Chromaticité et reproduction des couleurs	64
6.3.1 But	64
6.3.2 Équipement de mesure	64
6.3.3 Méthode de mesure: colorimétrie trichromatique photo-électrique	64
6.3.4 Méthode de mesure: colorimétrie spectrophotométrique	64
6.3.5 Définitions et évaluations	65
6.3.6 Conditions spécifiées	66
6.4 Gamme d'angles de vision	66

6.4.1	But	66
6.4.2	Équipement de mesure	66
6.4.3	Gamme d'angles de vision selon le contraste et la luminance	67
6.4.4	Gamme d'angles de vision sans inversion des niveaux de gris	68
6.4.5	Gamme d'angles de vision selon la chromaticité	68
6.4.6	Gamme d'angles de vision selon la qualité visuelle	69
6.5	Fonction de transfert électro-optique – photométrie	69
6.5.1	But	69
6.5.2	Équipement de mesure	69
6.5.3	Méthode de mesure	69
6.5.4	Évaluation et représentation	70
6.6	Fonction de transfert électro-optique – colorimétrie	70
6.6.1	But	70
6.6.2	Montage	70
6.6.3	Méthode de mesure	70
6.6.4	Définitions et évaluations	71
6.7	Variations latérales (mesure photométrique, colorimétrie)	71
6.7.1	But	71
6.7.2	Équipement de mesure	71
6.7.3	Uniformité de la luminance	71
6.7.4	Uniformité du blanc	72
6.7.5	Uniformité de la chromaticité	72
6.7.6	Uniformité des couleurs primaires	73
6.7.7	Diaphotie	74
6.7.8	Mura	76
6.7.9	Marquage d'écran	76
6.7.10	Conditions spécifiées	76
6.8	Facteur de réflexion provenant de la surface de la zone active	76
6.8.1	But	76
6.8.2	Équipement de mesure	76
6.8.3	Méthode de mesure	76
6.8.4	Définitions et évaluation	77
6.8.5	Conditions spécifiées	78
6.9	Facteur de transmittance spectrale	78
6.9.1	But	78
6.9.2	Équipement de mesure	78
6.9.3	Définitions et évaluation	78
6.10	Variations temporelles	79
6.10.1	Temps de réponse	79
6.10.2	Papillotement / réponse de trame (afficheurs multiplexés)	82
6.10.3	Fréquence critique de papillotement	84
6.10.4	Conditions spécifiées	85
6.11	Caractéristiques électriques	85
6.11.1	But	85
6.11.2	Équipement de mesure	85
6.11.3	Méthode de mesure	85
6.11.4	Définitions et évaluations	86
6.11.5	Conditions spécifiées	86
6.12	Caractéristiques de préchauffage	87

6.12.1 But	87
6.12.2 Equipement de mesure	87
6.12.3 Méthode de mesure	87
6.12.4 Conditions spécifiées.....	88
Annexe A (informative) Conditions normales de mesure	89
Annexe B (informative) Dispositifs de contrôle thermostatique	92
Annexe C (informative) Mesure de la fonction de transfert électro-optique	93
Annexe D (informative) Planification de la structure prévue de la série	94
Bibliographie.....	95

Figure 1 – Représentation de la direction d'observation (équivalent à la direction de mesure) par l'angle d'inclinaison θ , et l'angle de rotation (azimut), ϕ dans un système de coordonnées polaires	56
Figure 2 – Forme du point de mesure sur le DUT pour deux angles d'inclinaison du LMD.....	58
Figure 3 – Emplacements de mesure standard, au centre de chacun des rectangles $p_0 - p_{24}$	59
Figure 4 – Exemple d'inversion des niveaux de gris	68
Figure 5 – Exemple de montage normal pour les mesures de réflexion spéculaire	77
Figure 6 – Exemple d'équipement de mesure des variations temporelles	80
Figure 7 – Relation entre le signal d'attaque et les temps de réponse optiques.....	82
Figure 8 – Caractéristiques en fréquence de l'intégrateur (réponse de l'appareil visuel humain)	83
Figure 9 – Exemple de spectre de puissance	84
Figure 10 – Mire en drapeau à damier pour les mesures de courant et de consommation d'énergie	85
Figure 11 – Exemple de schéma fonctionnel de mesure pour le courant et la consommation d'énergie d'un dispositif à affichage à cristaux liquides	87
Figure 12 – Exemple de caractéristique de préchauffage	88
Figure A.1 – Terminologie des LMD	90

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS D'AFFICHAGE À CRISTAUX LIQUIDES –

**Partie 30-1: Méthodes de mesure pour les modules
d'affichage à cristaux liquides –
Type transmissif**

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 61747-30-1 a été établie par le Comité d'études 110 de la CEI: Dispositifs d'affichage à panneaux plats.

Cette première édition annule et remplace la CEI 61747-6 parue en 2004. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) mise en correspondance de la structure du document avec la CEI 61747-6-2; et
- b) des modifications techniques et rédactionnelles ont été effectuées.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
110/364/FDIS	110/380/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 61747, sous le titre général *Dispositifs d'affichage à cristaux liquides*, est disponible sur le site web de la CEI.

Les futures normes de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors de la prochaine édition.

Cette norme doit être lue conjointement avec la CEI 61747-1 (1998), à laquelle elle fait référence. Celle-ci définit les détails des procédures d'estimation de la qualité, des exigences d'inspection, des séquences d'examens, des exigences d'échantillonnage et des procédures d'essais et de mesures pour l'évaluation des modules d'affichage à cristaux liquides.

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.

INTRODUCTION

Pour obtenir une description utile et uniforme des performances des dispositifs d'affichage à cristaux liquides (LCD), les spécifications des paramètres correspondants, couramment acceptés, sont proposées. Elles se rangent dans les catégories suivantes:

- a) spécifications de type général (par exemple, résolution des pixels, diagonale, disposition des pixels);
- b) spécifications optiques (par exemple, rapport de contraste, temps de réponse, direction d'observation, diaphotie, etc.);
- c) spécifications électriques (par exemple, consommation d'énergie, compatibilité électromagnétique);
- d) spécifications mécaniques (par exemple, géométrie du module, poids);
- e) spécifications d'essais d'endurance aux conditions environnementales réussis;
- f) spécifications de fiabilité et de danger/sécurité.

Dans la plupart des cas a) à f), la spécification se définit de soi-même. Pour certains points de spécification cependant, en particulier dans le domaine des performances optiques et électriques, la valeur spécifiée peut dépendre de la méthode de mesure.

La présente norme vise à indiquer les paramètres qui dépendent de la procédure, à les répertorier et à prescrire les méthodes et conditions spécifiques qui doivent être utilisées pour en obtenir une détermination numérique uniforme. On suppose que toutes les mesures sont réalisées par du personnel qualifié dans le domaine des mesures radiométriques et électriques en général, étant donné que cette norme ne vise pas à donner une description détaillée de la bonne pratique en matière de physique expérimentale électrique et optique. De plus, on doit s'assurer que tous les équipements sont étalonnés de manière appropriée par du personnel compétent et que des archives des données d'étalonnage et de traçabilité sont conservées.

DISPOSITIFS D’AFFICHAGE À CRISTAUX LIQUIDES –

Partie 30-1: Méthodes de mesure pour les modules d’affichage à cristaux liquides – Type transmissif

1 Domaine d’application

La présente partie de la CEI 61747 est limitée aux modules d’affichage à cristaux liquides de type transmissif utilisant des dispositifs à cristaux liquides de type soit à segments, soit à matrice passive ou active et achromatique ou couleur. Ce document présente également les modes transmissifs des modules LCD transfectifs avec rétro-éclairage allumé. Un module LCD combiné avec un panneau tactile ou une unité d’éclairage frontal ne relève pas du domaine d’application, car les mesures sont souvent erronées. Les panneaux tactiles ou les unités d’éclairage frontal sont retirés avant la mesure. Dans tout le corps de la présente norme, on suppose qu’un rétro-éclairage intégré assure l’éclairage utilisé pour les mesures. Tout écart par rapport à cette hypothèse (par exemple, afficheurs à segments sans rétro-éclairage intégré) peut généralement être traité de la même manière que les modules d’affichage avec rétro-éclairage intégré, si un rétro-éclairage externe est fourni. Toutefois, dans le cas où il convient de traiter différemment l’une des deux situations, cela sera spécifiquement indiqué.

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 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electrotechnique International* (disponible à l’adresse: <<http://www.electropedia.org>>)

CEI 61747-1, *Dispositifs d’affichage à cristaux liquides et à semiconducteurs – Partie 1: Spécification générique*

CEI 61747-6-2, *Dispositifs d’affichage à cristaux liquides – Partie 6-2: Méthodes de mesure pour les modules d’affichage à cristaux liquides – Type réflectif*

ISO 9241-307, *Ergonomie de l’interaction homme-système – Partie 307: Méthodes d’essai d’analyse et de conformité pour écrans de visualisation électroniques*

ISO 11664-2 (CIE S 014-2/E:2006), *Colorimétrie – Partie 2: Illuminants CIE normalisés*

CIE 15-2004, *Colorimétrie*

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de la CEI 60050-845:1987 s’appliquent.

NOTE On peut entendre dans ce domaine plusieurs points de vue concernant la terminologie préférentielle entre "monochrome", "achromatique", "chromatique", "couleur", "multicolore", etc. parmi les spectroscopistes, les physiciens (généralistes), les scientifiques de la perception des couleurs, les ingénieurs en physique et les ingénieurs électriciens. En général, tous les LCD présentent une certaine chromaticité (par exemple, en fonction de l'angle d'observation, de la température ambiante ou des dispositifs adressables par l'extérieur). En attendant une description officielle détaillée sur le sujet, le préfixe concernant la "chromaticité" de l'affichage sera utilisé pour décrire les capacités de couleur de l'affichage qui sont adressables de l'extérieur (et électriquement) par l'utilisateur. Cela conduit aux définitions suivantes (voir aussi la CEI 61747-6-2):

- a) un afficheur monochrome n'a pas de chromaticité ("couleurs") adressable par l'utilisateur. Il peut être ou non "noir et blanc" ou achromatique;
- b) un afficheur couleur présente au moins deux chromaticités ("couleurs") adressables par l'utilisateur. Un afficheur pleine couleur comprend au moins trois couleurs primaires adressables par l'utilisateur, avec au moins 6 bits par couleur primaire ($\geq 260\,000$ couleurs).

3.2 Abréviations

CFF	fréquence critique de papillotement (<i>critical flicker frequency</i>)
CR	rapport de contraste (<i>contrast ratio</i>)
CR _{PF}	rapport de contraste de plein champ (<i>Plain Field Contrast Ratio</i>)
DUT	dispositif en essai (<i>device under test</i>)
FFT	transformée de Fourier rapide (<i>fast Fourier transform</i>)
GSI	inversion de l'échelle de gris (<i>gray-scale inversion</i>)
HXT	diaphotie horizontale (<i>horizontal crosstalk</i>)
LCD	affichage à cristaux liquides (<i>liquid crystal display</i>)
LMD	dispositif de mesure de la lumière (<i>light measuring device</i>)
LNU	non-uniformité à grande distance (<i>long range non-uniformity</i>)
PWM	modulation de largeur d'impulsion (<i>pulse width modulation</i>)
UCS	espace chromatique uniforme (<i>uniform colour space</i>)
VAR	angle de vision (<i>viewing angle range</i>)
VXT	diaphotie verticale (<i>vertical crosstalk</i>)
XT	diaphotie (<i>crosstalk</i>)

4 Eclairage et géométrie de l'éclairage

4.1 Commentaires et remarques généraux concernant la mesure des LCD transmissifs

Les LCD transmissifs utilisent souvent leur propre source de rétro-éclairage pour afficher des informations visuelles. La signification statistique et la reproductibilité des résultats de mesure requises sont difficiles à réaliser, en raison de l'étroite association entre le système de rétro-éclairage, le LMD et le DUT. Dans les cas où l'unité de rétro-éclairage n'est pas statique, on doit veiller à ce que son comportement soit connu et s'assurer, lors des mesures, de l'absence d'interférence entre les variations temporelles du rétro-éclairage (par exemple, en raison d'un signal PWM ou d'un rétro-éclairage dynamique), la fréquence d'adressage du DUT et la fréquence d'échantillonnage du LMD. La luminance et la couleur du rétro-éclairage au moment de la mesure doivent être précisées, et le fonctionnement du rétro-éclairage doit être statique et stable durant la période de mesure.

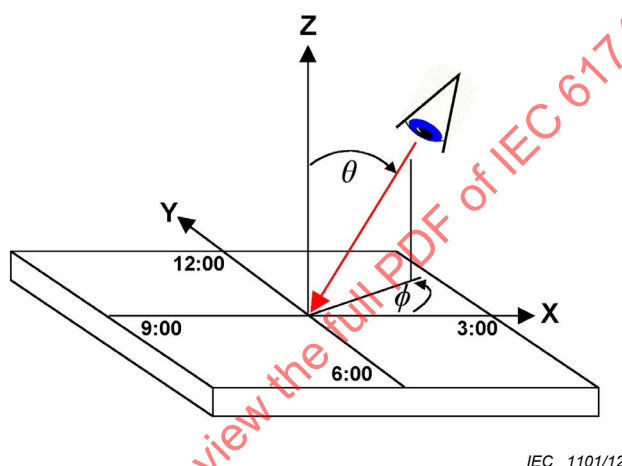
La dérive temporelle de la luminance du rétro-éclairage doit être inférieure à 5 % de la valeur stabilisée par heure et inférieure à 1 % de la valeur stabilisée par minute. On doit veiller à ce que la température du DUT se soit stabilisée et ne soit pas affectée par le système de rétro-éclairage. Il convient de vérifier que la température du DUT est constante et correcte.

Si aucune source de lumière intégrée n'est utilisée, la luminance du rétro-éclairage ou le flux lumineux du rétro-éclairage du montage utilisé pour l'éclairage du DUT doit être constant

dans les limites de $\pm 1 \%$ et ne doit pas présenter de fluctuations à court terme (par exemple, ondulation, modulations PWM, etc.). Il convient de respecter ces conditions en observant une période de mise en équilibre de 5 min à 10 min. Il convient de vérifier que la température du DUT est constante et correcte.

4.2 Système de coordonnées de la direction d'observation

La direction d'observation est la direction selon laquelle l'observateur regarde le point étudié sur le DUT. Lors de la mesure, le LMD remplace l'observateur en observant un point spécifié (c'est-à-dire un point de mesure ou un champ de mesure) sur le DUT selon la même direction. La direction d'observation est commodément définie par deux angles: l'angle d'inclinaison θ (par rapport à la normale à la surface du DUT) et l'angle de rotation ϕ (également appelé angle d'azimut), représentés à la Figure 1. L'angle d'azimut est lié aux directions des aiguilles d'une montre comme suit: $\phi = 0^\circ$ correspond à la direction 3 heures ("droite"), $\phi = 90^\circ$ à 12 heures ("haut"), $\phi = 180^\circ$ à 9 heures ("gauche") et $\phi = 270^\circ$ à 6 heures ("bas").



IEC 1101/12

Figure 1 – Représentation de la direction d'observation (équivalent à la direction de mesure) par l'angle d'inclinaison θ , et l'angle de rotation (azimut) ϕ , dans un système de coordonnées polaires

4.3 Géométries d'éclairage standard

Les modules LCD transmissifs sont souvent équipés de sources de lumière intégrées. La source de lumière intégrée, la position relative de la source de lumière intégrée et du DUT, la position relative du DUT et de l'équipement de mesure sont restreintes. Chaque système est positionné dans une chambre noire de mesure. Le flux lumineux atteignant le DUT et ne provenant pas de la source de lumière intégrée doit être inférieur à 1 lx et doit être inférieur au faible niveau qui affecte significativement les résultats de mesure.

Dans toute la présente norme, on suppose que le DUT est équipé de son propre rétro-éclairage intégré. Néanmoins, si le DUT n'est pas équipé de sa propre source d'éclairage (rétro-éclairage), l'éclairage externe doit être assuré de l'une des manières suivantes:

- Au moyen d'une source de lumière diffuse appliquée extérieurement, présentant une luminance et un spectre spécifiés (distribution spatiale et angulaire), placée derrière le DUT. Cette méthode est utilisée, par exemple, pour les mesures sur les afficheurs en vision directe.
- Au moyen d'une source de lumière ponctuelle (source de lumière homogène, géométriquement petite). La source de lumière, le point de mesure et le détecteur doivent

être alignés, la mise au point du détecteur doit être faite sur le point de mesure, sur le DUT.

- c) Au moyen d'une source de lumière directionnelle appliquée extérieurement, dont l'uniformité spatiale d'éclairement est calibrée au niveau du plan du DUT, ayant un angle total d'ouverture de l'éclairement à l'emplacement du point de mesure dans le plan du DUT de moins de 30° et (si nécessaire) une distribution d'intensité spectrale calibrée dans le domaine visible. (Cette méthode est principalement utilisée pour les mesures sur les afficheurs en projection).

Dans les trois cas, les caractéristiques de la source de lumière (distribution de l'intensité, stabilité temporelle, angle d'ouverture, etc.) et sa distance par rapport au DUT doivent être ajoutées à la spécification particulière. Il est recommandé d'utiliser des sources de lumière aussi proches que possible de l'illuminant D65.

5 Montage et équipement de mesure standard

5.1 Dispositifs de mesure de la lumière (LMD)

Les dispositifs de mesure de la lumière utilisés pour l'évaluation des propriétés optiques des LCD transmissifs doivent être soumis à un contrôle des critères suivants et spécifiés en conséquence:

- sensibilité de la grandeur mesurée à la polarisation de la lumière;
- erreurs provoquées par le voile lumineux et les reflets d'objectif (c'est-à-dire la lumière parasite dans le système optique);
- minutage de l'acquisition des données, filtrage passe-bas et effets de crénelage;
- linéarité de la détection et de la conversion de données.

5.2 Positionnement et alignement

Par rapport au champ de mesure du DUT, le LMD doit être positionné de manière à ce que l'on puisse régler la direction de mesure (direction d'observation), ainsi que la distance par rapport au centre du point de mesure afin de garantir une ouverture angulaire de moins de 5°. Ce réglage peut être réalisé au moyen d'un système mécanique (souvent motorisé) ou d'un système optique approprié (système optique conoscopique) tel qu'il est décrit par exemple en [2]¹.

5.3 Montages de mesure standard

5.3.1 Conditions relatives au LMD

Si l'ouverture angulaire du LMD n'est pas spécifiée, elle peut être calculée à partir de la distance entre le LMD et le champ de mesure, et de l'ouverture du LMD (zone d'acceptation) (voir Figure A.1).

Au cours des mesures de dispositifs d'affichage matriciels, il convient que le LMD soit installé de manière à ce que son champ de vision circulaire ou rectangulaire comprenne plus de 500 pixels² de l'afficheur en observation normale à ce dernier (direction normale de mesure). L'ouverture angulaire totale de détection par le LMD doit être inférieure à 2°. Cela peut être réalisé par l'utilisation d'une distance de mesure de 50 cm entre le LMD et le centre de la zone d'affichage (valeur recommandée) et d'un diamètre de la zone d'acceptation du détecteur de 4 cm. Pour les afficheurs matriciels à basse résolution, il est permis que le nombre de pixels du champ de vision soit inférieur à 500. Ici, un minimum de 9 pixels est

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

² La définition officielle du pixel est appliquée; celui-ci peut ou non inclure et être constitué de multiples sous-pixels/points (voir la future CEI 61747-1-2).

recommandé. Pour les mesures des afficheurs à segments, il convient que le champ de vision soit réglé sur un segment unique et qu'il n'inclue aucun élément environnant.

5.3.2 Effets de l'inclinaison du récepteur

Lorsque le montage de mesure comprend un LMD réglable pour la mesure et l'évaluation des variations en fonction de l'angle d'observation, il est nécessaire de tenir compte du fait que le LMD "voit" diverses parties du DUT aux différents angles d'inclinaison. Un point de mesure initialement circulaire (lorsque le DUT est vu ou mesuré dans la direction normale, c'est-à-dire pour $\theta = 0^\circ$) devient elliptique lorsque le LMD est incliné par rapport à la direction normale ($\theta > 0^\circ$), comme illustré à la Figure 2. Le petit axe de l'ellipse (ici: vertical) reste constant lorsque le plan d'inclinaison est horizontal (par exemple, $\phi = 0^\circ$ ou 180°).

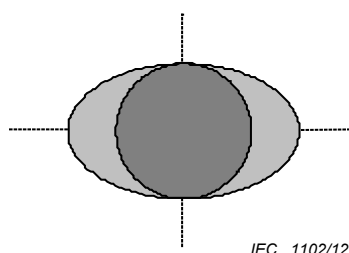


Figure 2 – Forme du point de mesure sur le DUT pour deux angles d'inclinaison du LMD

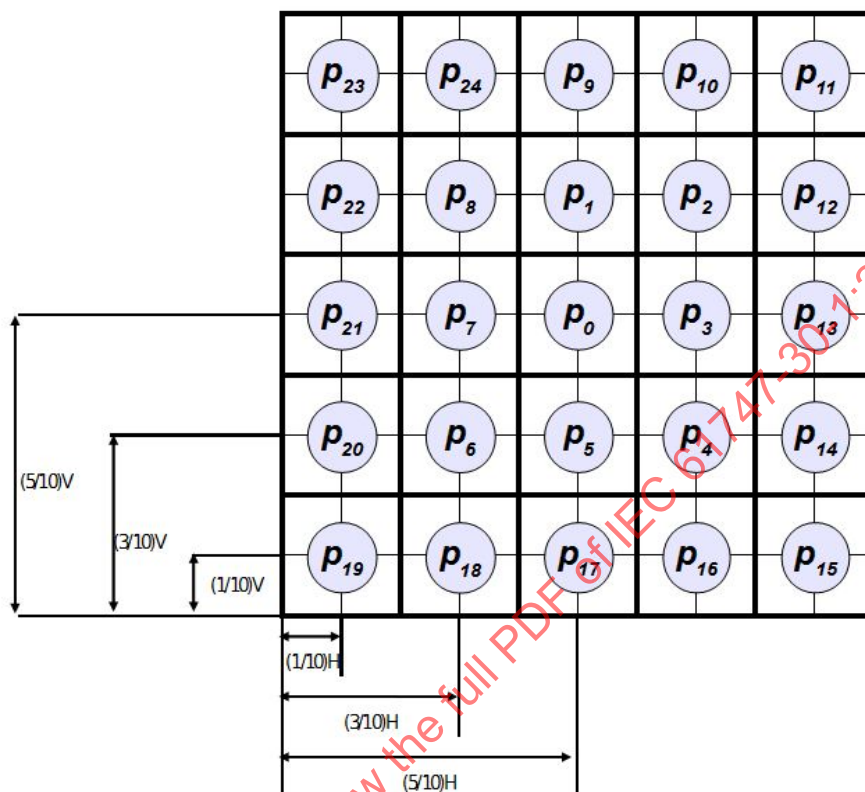
Deux effets sont à prendre en compte lorsque le LMD est réglable. La taille du point de mesure croissant avec l'angle d'inclinaison ne doit pas comprendre:

- de parties indésirables du DUT (par exemple, parties inactives d'un afficheur à segments);
- de parties éclairées de manière différente.

Aussi bien la taille que l'emplacement du champ de mesure doivent être sélectionnés de manière à ce que ces conditions soient remplies, et ils doivent être spécifiés en conséquence.

5.4 Emplacements standard du champ de mesure

5.4.1 Afficheurs matriciels



IEC 1103/12

NOTE La hauteur (V) et la largeur (H) de chaque rectangle sont respectivement égales à 20 % de la hauteur et de la largeur de l'écran.

Figure 3 – Emplacements de mesure standard, au centre de chacun des rectangles p_0 – p_{24}

Les mesures de luminance, de distribution spectrale et/ou trichromatiques peuvent être réalisées à plusieurs emplacements spécifiés sur la surface du DUT. À cet effet, la vue frontale de l'afficheur est divisée en 25 rectangles imaginaires identiques, comme représenté à la Figure 3. Sauf spécification contraire, les mesures sont réalisées au centre de chaque rectangle. On doit veiller à ce que les points de mesure sur l'afficheur ne se chevauchent pas. Le positionnement du point de mesure aux emplacements ainsi prescrits dans les directions x et y doit être dans les limites de 7 % de H et de V respectivement (H et V représentant la dimension de la zone d'affichage active dans les directions x et y respectivement).

Au cours du balayage en position du point de mesure sur la surface du DUT, la direction d'observation (définie par les angles θ et ϕ) ne doit pas changer.

Tout écart par rapport aux emplacements standard décrits ci-dessus doit être ajouté à la spécification particulière.

5.4.2 Afficheurs à segments

Les emplacements normaux de mesure sont les mêmes que ceux prescrits pour les afficheurs matriciels, ci-dessus. Cependant, pour les afficheurs à segments, toutes les mesures doivent être réalisées au centre d'un segment et il convient que le segment choisi soit aussi proche que possible du centre du rectangle désigné. Ainsi, lorsque des mesures sont demandées à

l'emplacement p_i ($i = 0$ à 24), il convient que le centre géométrique du segment le plus proche du centre de la zone p_i soit utilisé pour positionner le détecteur.

Tout écart par rapport aux emplacements standard décrits ci-dessus doit être ajouté à la spécification particulière.

5.5 Conditions de fonctionnement normales des DUT

5.5.1 Généralités

En raison des caractéristiques physiques des LCD, pratiquement toutes les propriétés optiques de ces dispositifs varient en fonction de la direction d'observation (direction d'observation lors de l'utilisation de l'écran). C'est pourquoi il convient de comprendre que, pour la détermination de plusieurs des paramètres ci-dessous, la spécification de la direction d'observation et son bon contrôle (mécanique) sont nécessaires. De même, la distance entre le LMD et le point de mesure sur le DUT doit rester constante pour toutes les directions d'observation.

Le module qui est soumis aux essais doit être physiquement préparé pour ces essais. Il convient de le contrôler thermostatiquement en vue d'un fonctionnement stable des dispositifs d'affichage à cristaux liquides pendant une durée spécifiée inférieure à une heure. Si la période de contrôle est inférieure à une heure, une température stable doit être vérifiée et signalée pour au moins le centre du DUT. Les essais doivent être réalisés dans les conditions nominales de tension, de courant d'entrée, etc. Tout écart par rapport aux conditions normales de fonctionnement du dispositif doit être ajouté à la spécification particulière.

5.5.2 Conditions ambiantes normales

5.5.2.1 Conditions d'environnement de mesure normalisées

Les mesures doivent être réalisées après un temps de préchauffage suffisant pour les sources d'éclairage et les DUT (voir 6.12), dans les conditions d'environnement normales, à une température de $25\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ avec une humidité relative de 25 % à 85 % et une pression atmosphérique de 86 kPa à 106 kPa. Lorsque des conditions d'environnement différentes sont utilisées, elles doivent être notées dans la spécification particulière.

5.6 Processus de mesure normal

Le processus de mesure normal comprend les étapes élémentaires suivantes:

- Préparation du montage et de l'équipement de mesure, du DUT et des conditions ambiantes pour garantir les valeurs et stabilités (normales) spécifiées. Si les conditions réelles diffèrent des conditions normales, cela doit être indiqué dans la spécification particulière, et les valeurs réellement utilisées doivent être précisées dans la spécification particulière.
- Parallèlement au respect des précautions habituelles dans un laboratoire de métrologie optique, la luminance de l'échantillon doit être mesurée en termes de luminance, de distribution de la luminance spectrale ou de composantes trichromatiques dans les conditions d'éclairage spécifiées et selon les conditions d'excitation électrique spécifiées (tensions, mires, etc.).
- Parallèlement au respect des précautions habituelles dans un laboratoire de métrologie optique, la luminance du ou des étalons de référence applicables doit être mesurée en termes de luminance, de distribution de la luminance spectrale ou de composantes trichromatiques dans les conditions spécifiées, lesquelles doivent être identiques à celles utilisées pour la mesure du DUT.

Si une source de lumière externe est utilisée, mesurer les paramètres suivants de la source de lumière dans le plan du DUT. En p_0 , mesurer et spécifier:

- le spectre d'émission,

- la luminance L ,
- la stabilité temporelle de la luminance $L(t)$,
- la distribution de la luminance en fonction de la direction d'observation $L(\theta, \phi)$.

Lors de la mesure de variations latérales (voir 6.7), mesurer le spectre d'émission, la luminance et la distribution de la luminance en fonction de la direction d'observation aux autres emplacements $p_1 - p_{24}$ appropriés également.

Les données provenant de la mesure du DUT et celles provenant de la mesure de l'étalon de référence doivent être mises en relation de manière appropriée en vue de l'obtention des données cibles (par exemple, luminance, chromaticité, etc.). La méthode de calcul doit être conforme aux règles établies (par exemple, énoncées par la CIE) et doit être indiquée dans la spécification particulière.

Des schémas détaillés et des photos du montage réellement employé sont utiles pour définir la géométrie de mesure normale.

6 Mesures et évaluations normales

6.1 Luminance – photométrie

6.1.1 But

Cette méthode est appliquée aux mesures de la luminance et de son uniformité latérale (c'est-à-dire dans la zone active) pour les modules LCD à système de rétro-éclairage intégré. Pour les modules LCD SANS système de rétro-éclairage, une mesure de la transmittance (6.9) doit être réalisée.

6.1.2 Equipement de mesure

Un LMD, une alimentation de puissance, un générateur de signaux d'attaque pour LCD et un dispositif de contrôle de température (par exemple, une enceinte climatique) sont utilisés pour ces mesures. Pour les mesures d'uniformité latérale, un dispositif de positionnement à deux axes peut également être nécessaire.

6.1.3 Méthode de mesure

Les mesures sont réalisées en chambre noire dans les conditions normales de mesure et dans la ou les directions d'observation nominales.

- a) Positionner le DUT.
- b) Placer le LMD dans la direction d'observation spécifiée, en fonction des angles θ et ϕ .
- c) Appliquer la valeur des signaux d'entrée dans le DUT appropriée pour obtenir un blanc saturé dans toute la zone active de l'écran. Ensuite, mesurer le DUT à l'emplacement p_i (p_0 représente le centre de la zone active de l'afficheur ou, dans le cas d'un afficheur à segments, au centre d'un segment, le point de mesure devant être plus petit que le segment) pour obtenir la luminance $L_{W,i}(\theta, \phi)$.
- d) Appliquer la valeur des signaux d'entrée dans le DUT appropriée pour obtenir un NOIR saturé dans toute la zone active de l'écran. Ensuite, mesurer la luminance $L_{K,i}(\theta, \phi)$ à l'emplacement p_i .

6.1.4 Définitions et évaluations

6.1.4.1 Définition de la luminance

$$Y \equiv L = 683 \sum_{380}^{780} L_e(\lambda) V(\lambda) \Delta\lambda \quad (1)$$

où

Y est la composante trichromatique Y dans le système colorimétrique CIE 1931 (voir la CIE 15);

L est le symbole de la luminance; elle est, dans ce cas particulier, égale à la composante trichromatique Y;

$L_e(\lambda)$ est la puissance rayonnante par unité d'angle solide et par unité de surface, mesurée dans l'intervalle de longueur d'onde $\Delta(\lambda)$;

$V(\lambda)$ est la fonction d'efficacité lumineuse pour la vision photopique dans l'intervalle de longueur d'onde $\Delta(\lambda)$;

$\Delta(\lambda)$ est l'intervalle de longueur d'onde sur lequel le cumul a lieu.

6.1.4.2 Définition de la luminance maximale

La luminance maximale est la valeur maximale de luminance, $L_{\max,i}(\theta, \phi)$, mesurée dans la direction d'observation définie par l'angle d'inclinaison θ et l'angle de rotation ϕ . La valeur $L_{\max}$ est définie pour le cas particulier où les angles θ et ϕ sont égaux à 0, et où le DUT est mesuré à l'emplacement p_0 .

6.1.4.3 Définition de la luminance minimale

La luminance minimale est la valeur minimale de luminance, $L_{\min,i}(\theta, \phi)$, mesurée dans la direction d'observation définie par l'angle d'inclinaison θ et l'angle de rotation ϕ . La valeur $L_{\min}$ est définie pour le cas particulier où les angles θ et ϕ sont égaux à 0, et où le DUT est mesuré à l'emplacement p_0 .

6.2 Rapport de contraste

6.2.1 But

Détermination du rapport de contraste du DUT.

6.2.2 Equipement de mesure

Un LMD, une alimentation de puissance, un générateur de signaux d'attaque pour LCD et, le cas échéant, un dispositif de contrôle de température pour le DUT (par exemple, une chambre climatique) sont utilisés pour ces mesures. Pour les mesures d'uniformité latérale, un dispositif de positionnement à deux axes peut également être nécessaire.

6.2.3 Méthode de mesure

Appliquer au dispositif les signaux nécessaires pour que le DUT fonctionne selon les paramètres de commande nominaux. Ensuite, mesurer le DUT à l'emplacement p_0 (au centre de la zone active de l'afficheur) en mode BLANC (signal de données en entrée ou niveau vidéo à 100 %) pour obtenir $L_{\max}$ (voir 6.1.4.2). De la même manière, mesurer le DUT à l'emplacement p_0 (au centre de la zone active de l'afficheur) en mode NOIR (signal de données en entrée ou niveau vidéo à 0 %) pour obtenir $L_{\min}$ (voir 6.1.4.3).

6.2.4 Définitions et évaluations

6.2.4.1 Définition du rapport de contraste

Le rapport de contraste CR est défini dans la condition $CR \geq 1$ comme:

$$CR = \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \quad (2)$$

6.2.4.2 Définition du rapport de contraste de plein champ (CR_{PF})

Pour mesurer la luminance maximale ($L_{\max}$), le module est piloté par une mire qui génère du BLANC (signal de données en entrée ou niveau vidéo à 100 %) dans toute la zone active de l'écran. La luminance minimale ($L_{\min}$) est mesurée tandis que le module est piloté par une mire qui génère du NOIR (signal de données en entrée ou niveau vidéo à 0 %) dans toute la zone active de l'écran.

Le rapport de contraste de plein champ CR_{PF} est défini comme:

$$CR_{PF} = \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \quad (3)$$

6.2.4.3 Rapport de contraste de zone (afficheur à haute résolution)

Le module est excité par une mire qui génère du BLANC (signal de données en entrée ou niveau vidéo à 100 %) sur l'ensemble des 25 rectangles, excepté le rectangle p_0 qui est excité pour le NOIR (signal de données en entrée ou niveau vidéo à 0 %). Cela donne une fenêtre (noire) de 4 % de la zone d'affichage. (Il est également permis de réduire la fenêtre de manière homogène à une zone de 2,78 %, c'est-à-dire une fenêtre de $1/6 \times 1/6$ de la zone d'affichage totale).

De plus, le fond peut être rendu NOIR et le rectangle p_0 excité en BLANC. Ces situations conduisent au "rapport de contraste d'image noire sur un champ lumineux", CR_{dol} , et au "rapport de contraste d'image lumineuse sur un champ noir", CR_{lod} , respectivement. La luminance des rectangles p_3 et p_7 est mesurée. En notant la luminance mesurée sur le BLANC à l'emplacement i par $L_{\max,i}$, et la luminance mesurée sur le NOIR à l'emplacement i par $L_{\min,i}$, on définit:

$$CR_{dol} = \frac{L_{\max,3} + L_{\max,7}}{2L_{\min,0}} \quad (4)$$

et

$$CR_{lod} = \frac{2L_{\max,0}}{L_{\min,3} + L_{\min,7}} \quad (5)$$

La diaphotie peut affecter les valeurs de CR_{lod} et de CR_{dol} , ce qui n'est pas le cas dans la détermination de CR_{PF} . De plus, une lumière parasite supplémentaire peut être générée par le DUT au cours de la détermination du rapport de contraste de zone. C'est pourquoi il convient que ce soit évalué et contrôlé avec soin (voir aussi [5], pp. 72–79, 304: Box pattern measurements).

6.2.5 Conditions spécifiées

Les enregistrements de la mesure doivent être réalisés de manière à décrire les écarts par rapport aux conditions normales de mesure et doivent inclure les informations suivantes:

- Signaux d'attaque (formes d'onde, tension et fréquence).

6.3 Chromaticité et reproduction des couleurs

6.3.1 But

Cette méthode est appliquée aux mesures de chromaticité ou de gamme de couleurs pour les LCD. Cette mesure est utile pour les afficheurs matriciels équipés d'un dispositif de rétro-éclairage intégré uniquement.

6.3.2 Equipement de mesure

Un LMD (spectrophotomètre ou colorimètre), une alimentation de puissance et un générateur de signaux d'attaque pour LCD sont utilisés pour ces mesures.

6.3.3 Méthode de mesure: colorimétrie trichromatique photo-électrique

Les colorimètres trichromatiques sont des radiomètres à filtre dont les réponses reproduisent les coordonnées de couleur de la CIE 1931, $x(\lambda)$, $y(\lambda)$ et $z(\lambda)$, en fonction de la longueur d'onde (voir la CIE 15). Les sorties de ces radiomètres sont alors proportionnelles aux composantes trichromatiques X , Y , Z , de sorte que les valeurs des différentes grandeurs utilisées pour décrire la couleur peuvent en être déduites.

Les facteurs de pondération associés à l'illuminant et au photomètre à filtre $S(\lambda)x(\lambda)$, $S(\lambda)y(\lambda)$, $S(\lambda)z(\lambda)$ correspondent aux valeurs définies dans l'ISO 11664-2 (CIE S 014-2/E:2006).

A des fins de minimisation de l'erreur, il convient de calibrer le LMD à l'aide d'une source de lumière connue (en règle générale, l'illuminant A CIE) avant de mesurer le DUT.

Les mesures sont effectuées à l'emplacement p_0 (centre de l'afficheur). Appliquer la valeur maximale des signaux d'entrée de couleurs des primaires R (rouge), G (vert – green) et B (bleu) simultanément au dispositif. Ensuite, porter le rapport de contraste au maximum à cette valeur des primaires d'entrée. Enfin, mesurer le DUT à l'emplacement p_0 (centre de la zone active de l'afficheur) afin d'obtenir les composantes trichromatiques: X_W , Y_W , Z_W .

- a) Appliquer au dispositif les signaux nécessaires pour obtenir un NOIR saturé. Ensuite, mesurer l'emplacement p_0 afin d'obtenir les composantes trichromatiques: X_K , Y_K , Z_K .
- b) Appliquer les signaux nécessaires pour obtenir les états (gris) intermédiaires, si nécessaire. Ensuite, pour n états intermédiaires, mesurer l'emplacement p_0 afin d'obtenir les composantes trichromatiques $X_{g1} \dots X_{gn}$; $Y_{g1} \dots Y_{gn}$; $Z_{g1} \dots Z_{gn}$.
- c) Finalement, appliquer séparément le signal maximal d'entrée de données R au dispositif, avec une entrée de données du jeu complémentaire de primaires au minimum ou zéro et mesurer les composantes trichromatiques de la couleur rouge: X_R , Y_R , Z_R .
- d) De la même manière, mesurer les composantes trichromatiques des couleurs verte et bleue: X_G , Y_G , Z_G et X_B , Y_B , Z_B , respectivement.

6.3.4 Méthode de mesure: colorimétrie spectrophotométrique

La méthode spectrophotométrique mesure la luminance spectrale à l'aide d'un spectrophotomètre et détermine les composantes trichromatiques à l'aide d'un spectrophotomètre.

Le spectrophotomètre utilisé aux fins de mesure de spectrophotométrie entre dans la catégorie des spectrophotomètres de première ou de seconde classe selon la CIE 15.

Positionner le DUT et enregistrer directement une valeur de $S(\lambda)$.

6.3.5 Définitions et évaluations

6.3.5.1 Composantes trichromatiques selon CIE 1931

Dans le système colorimétrique de référence CIE 1931 (voir la CIE 15), les composantes trichromatiques suivantes sont définies:

$$X = K \sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda \quad (6)$$

$$Y = K \sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda \quad (7)$$

$$Z = K \sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda \quad (8)$$

$$K = \frac{100}{\sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda} \quad (9)$$

où

$S(\lambda)$ est la distribution de la luminance spectrale mesurée du DUT dans l'intervalle de longueur d'onde $\Delta(\lambda)$;

$x(\lambda)$, $y(\lambda)$ et $z(\lambda)$ sont les fonctions de comparaison des couleurs associée à l'observateur de référence colorimétrique CIE 1931;

$\Delta(\lambda)$ est l'intervalle de longueur d'onde sur lequel le cumul a lieu.

Pour le calcul des composantes trichromatiques, le facteur de pondération $S(\lambda)$ adéquat selon l'ISO 11664-2 (CIE S 014-2/E:2006) doit être utilisé en fonction de l'illuminant, de l'observateur et de l'intervalle de longueur d'onde. En l'absence de spécification, l'illuminant D65 doit être utilisé.

6.3.5.2 Chromaticité

Les coordonnées trichromatiques du BLANC saturé x_W , y_W , celles du NOIR saturé x_K , y_K , et celles des états intermédiaires (x_{gn} , y_{gn}) sont définies comme suit:

$$x_W = \frac{X_W}{X_W + Y_W + Z_W}, \quad y_W = \frac{Y_W}{X_W + Y_W + Z_W} \quad (10)$$

$$x_K = \frac{X_K}{X_K + Y_K + Z_K}, \quad y_K = \frac{Y_K}{X_K + Y_K + Z_K} \quad (11)$$

$$x_{gn} = \frac{X_{gn}}{X_{gn} + Y_{gn} + Z_{gn}}, \quad y_{gn} = \frac{Y_{gn}}{X_{gn} + Y_{gn} + Z_{gn}} \quad (12)$$

6.3.5.3 Chromaticité des primaires et reproduction des couleurs

Les coordonnées trichromatiques des primaires R (x_r, y_r), G (x_g, y_g) et B (x_b, y_b) sont définies comme suit:

$$x_r = \frac{X_R}{X_R + Y_R + Z_R}, \quad y_r = \frac{Y_R}{X_R + Y_R + Z_R} \quad (13)$$

$$x_g = \frac{X_G}{X_G + Y_G + Z_G}, \quad y_g = \frac{Y_G}{X_G + Y_G + Z_G} \quad (14)$$

$$x_b = \frac{X_B}{X_B + Y_B + Z_B}, \quad y_b = \frac{Y_B}{X_B + Y_B + Z_B} \quad (15)$$

La gamme des couleurs est représentée par le triangle chromatique $x-y$ formé avec les points de couleur mesurés ci-dessus (x_r, y_r), (x_g, y_g) et (x_b, y_b) comme sommets.

NOTE La gamme de couleurs de u' et v' dans le diagramme de chromaticité CIE 1976 (voir la CIE 15) est calculée à partir des gammes $x-y$ mesurées, par la formule suivante:

$$u' = \frac{4x}{3 - 2x + 12y} \quad (16)$$

et

$$v' = \frac{9y}{3 - 2x + 12y} \quad (17)$$

6.3.6 Conditions spécifiées

Les enregistrements de la mesure doivent être réalisés de manière à décrire les écarts par rapport aux conditions normales de mesure et doivent inclure les informations suivantes:

- signaux d'attaque (formes d'onde, tension et fréquence);
- points de mesure;
- niveau de gris par primaire de couleur mesurée.

6.4 Gamme d'angles de vision

6.4.1 But

Détermination des angles (θ , ϕ) auxquels le contraste maximal est obtenu (direction de meilleure vision) et de la gamme d'angles de vision (gamme d'angles à la fois dans la direction horizontale et verticale) où les conditions mentionnées dans cet article et ces paragraphes sont respectées (exemple: $CR_{va} = 2, 3, 4, 5$ ou 10). La direction d'observation nominale est la direction d'observation préférentielle spécifiée par le fabricant (voir spécification particulière cadre).

6.4.2 Equipement de mesure

Un LMD (spectrophotomètre, luminancemètre ou photomètre à filtre), une alimentation de puissance, un générateur de signaux d'attaque et des platines de goniomètre (à la fois horizontales et verticales pour l'afficheur ou le détecteur) sont utilisés pour ces mesures.

6.4.3 Gamme d'angles de vision selon le contraste et la luminance

6.4.3.1 Méthode de mesure

Les mesures sont réalisées dans la chambre noire, dans les conditions normales de mesure et dans la direction d'observation nominale.

Déterminer la gamme totale de directions d'observation à mesurer pour la détermination de la gamme d'angles de vision. Il convient de veiller à ce que la relation voulue entre la source de lumière et le LMD soit maintenue [3], [4].

Mesurer la luminance à l'état "BLANC", $L_{\max}(\theta, \phi)$, et à l'état "NOIR", $L_{\min}(\theta, \phi)$, dans la direction normale, ainsi qu'à toutes les coordonnées (θ, ϕ) sélectionnées, d'après 6.1.4.2 et 6.1.4.3.

NOTE Si la direction optimale est connue, un balayage d'inclinaison dans la direction d'azimut $\phi = 0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ suffira. Si la direction optimale est inconnue, un balayage complet sur une vaste gamme d'inclinaisons et de directions d'azimut (θ, ϕ) peut être nécessaire.

6.4.3.2 Définitions et évaluations

Si nécessaire, calculer le rapport de contraste à partir des luminances mesurées pour chaque emplacement de mesure, selon 6.2.4.2. Déterminer la gamme (horizontale, verticale ou les deux) dans laquelle le paramètre soumis à l'évaluation (luminance, rapport de contraste) dépasse la valeur limite choisie x . L'angle de seuil est noté $\theta(x)$.

La direction de meilleure vision $(\theta, \phi)_{\text{peak}}$ est définie par la direction pour laquelle le rapport de contraste maximal $CR_{PF, \max}(\theta, \phi)$ est obtenu.

La gamme d'angles de vision horizontale (VAR_H) et la gamme d'angles de vision verticale (VAR_V) sont maintenant définies par:

- Gamme d'angles de vision horizontale (luminance = x): $VAR_H [L:x] = \theta(0, [x]) + \theta(180, [x])$
- Gamme d'angles de vision verticale (luminance = x): $VAR_V [L:x] = \theta(90, [x]) + \theta(270, [x])$
- Gamme d'angles de vision horizontale (rapport de contraste= CR): $VAR_H [CR:CR] = \theta(0, [x]) + \theta(180, [x])$
- Gamme d'angles de vision verticale (rapport de contraste= CR): $VAR_V [CR:CR] = \theta(90, [x]) + \theta(270, [x])$

Par exemple:

- La gamme d'angles de vision horizontale où la luminance est égale à 10 % de sa valeur maximale est représentée par $VAR_H [L: 10 \ %]$;
- La gamme d'angles de vision verticale où la luminance est égale à 10 % de sa valeur maximale est représentée par $VAR_V [L: 10 \ %]$;
- La gamme d'angles de vision horizontale de rapport de contraste 3 est représentée par $VAR_H [CR: 3]$;
- La gamme d'angles de vision verticale de rapport de contraste 3 est représentée par $VAR_V [CR: 3]$.

6.4.3.3 Conditions spécifiées

Les enregistrements de la mesure doivent être réalisés de manière à décrire les écarts par rapport aux conditions normales de mesure et doivent inclure les informations suivantes:

- système de mesure de référence sélectionné et conditions associées;
- signaux d'attaque (formes d'onde, tension et fréquence);

- conditions pour les gammes d'angles de vision (luminance, rapport de contraste);
- valeurs de référence de luminance et de rapport de contraste.

6.4.4 Gamme d'angles de vision sans inversion des niveaux de gris

6.4.4.1 Méthode de mesure

Les mesures sont réalisées en chambre noire, dans les conditions normales de mesure. Le signal d'image appliqué au dispositif à l'emplacement p_0 doit contenir N niveaux de gris différents, uniformément répartis entre le niveau de champ "noir" et le niveau de champ "blanc", N étant supérieur ou égal à 8.

Pour chaque niveau de gris (g), incliner le photomètre jusqu'à la direction 12 heures θ_{12} par rapport au DUT, jusqu'à la direction 6 heures θ_6 , jusqu'à la direction 3 heures θ_3 et jusqu'à la direction 9 heures θ_9 . Mesurer la luminance respective, conformément à 6.4.1. Ensuite, déterminer pour chacune des quatre directions d ($d = 12, 6, 3$ et 9), la valeur angulaire θ_d où il n'y a pas de différence de luminance entre le niveau de gris g et $g+1$ ($g = 0$ à $N-1$) (voir Figure 4).

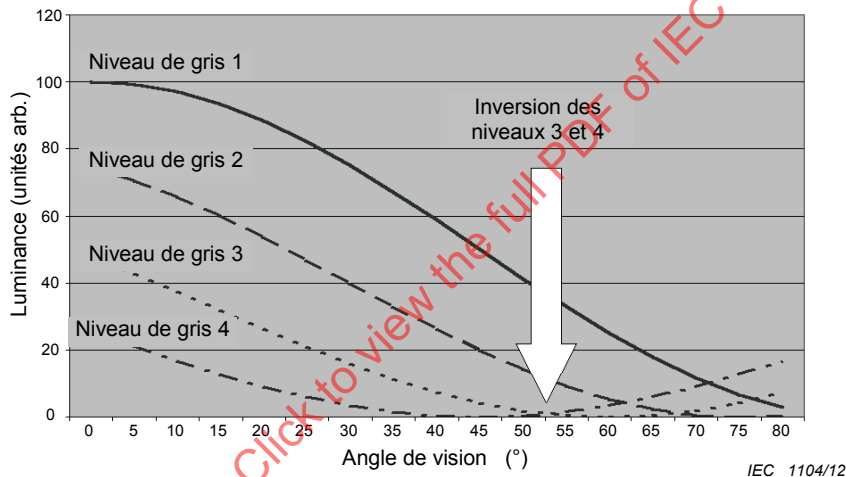


Figure 4 – Exemple d'inversion des niveaux de gris

6.4.4.2 Définitions et évaluations

Les angles de vision horizontaux et verticaux sans inversion de niveau de gris sont définis comme suit:

Angle de vision horizontal sans inversion de niveau de gris:

$$\theta_{\text{GSI,H}} = \theta_3 + \theta_9 \quad (18)$$

Angle de vision vertical sans inversion de niveau de gris:

$$\theta_{\text{GSI,V}} = \theta_6 + \theta_{12} \quad (19)$$

6.4.5 Gamme d'angles de vision selon la chromaticité

6.4.5.1 Général

Il est possible d'évaluer la chromaticité en fonction de la direction d'observation par la même méthode que pour la mesure de la gamme d'angles de vision. Au lieu de la luminance et du

rapport de contraste, la chromaticité peut être utilisée comme paramètre pour déterminer la gamme dans laquelle la variation de la chromaticité reste dans certaines limites. En règle générale, les coordonnées trichromatiques, mesurées dans la direction d'observation perpendiculaire (x_0, y_0), sont utilisées comme référence, tandis que la variation de couleur est calculée comme $\Delta u'v'$. Pour la définition et l'évaluation, voir 6.7.5.2.

6.4.5.2 Conditions spécifiées

Les enregistrements de la mesure doivent être réalisés de manière à décrire les écarts par rapport aux conditions normales de mesure et doivent inclure les informations suivantes:

- système de mesure de référence sélectionné et conditions associées;
- signaux d'attaque (formes d'onde, tension et fréquence);
- conditions pour les gammes d'angles de vision (luminance, rapport de contraste);
- primaire de couleur mesurée, le cas échéant.

6.4.6 Gamme d'angles de vision selon la qualité visuelle

A mettre en place dans une révision ultérieure de cette norme.

6.5 Fonction de transfert électro-optique – photométrie

6.5.1 But

Cette procédure de mesure vise à obtenir la relation entre les conditions d'excitation électrique du DUT et la réponse optique résultante dans des conditions spécifiées. Selon la nature du DUT, les paramètres de commande peuvent être spécifiés par niveaux de tensions analogiques (niveaux vidéo) ou par niveaux d'entrées numériques (par exemple, valeurs R, G, B numériques).

6.5.2 Equipement de mesure

Le DUT doit être placé dans le montage de mesure et on doit s'assurer que toutes les conditions requises sont remplies.

Toutes les sources d'éclairage du montage sélectionné doivent être mises sous tension et laissées se stabiliser afin d'atteindre la stabilité requise (voir 5.5.2) avant que le processus de mesure soit entamé.

Le DUT doit être mis sous tension et laissé se stabiliser afin d'atteindre la stabilité requise (voir 5.5.2.1) avant que le processus de mesure soit entamé.

6.5.3 Méthode de mesure

Le premier ensemble de conditions d'excitation électrique (c'est-à-dire tension(s) d'entrée analogique(s) ou signaux d'entrée numériques) doit être appliqué au DUT, puis un temps de pause doit être respecté afin que le DUT s'établisse dans un état optique stable. Pour obtenir un exemple de la manière permettant de vérifier que le temps de pause est suffisamment long, voir l'Annexe C. Ensuite, on doit mesurer les grandeurs optiques étudiées (c'est-à-dire la luminance, la distribution de la luminance spectrale ou les composantes trichromatiques). Un nouvel ensemble de paramètres de commande est appliqué et la procédure est répétée (voir l'Annexe A).

La procédure de mesure peut être décrite formellement comme suit:

- a) Appliquer le signal de commande à toute la zone active de l'écran.
- b) Attendre que la sortie optique se stabilise.

- c) Procéder à la mesure de la luminance, de la distribution de la luminance spectrale ou des composantes trichromatiques.
- d) Revenir à l'étape a).

Le résultat immédiat de la procédure de mesure est un ensemble de valeurs de luminance L_i (DUT) fournies par le LMD, en fonction du paramètre de commande électrique (entrée analogique ou numérique).

Valeur de luminance	Commande électrique
L_i	ED_i
$i = 0..n$	

6.5.4 Evaluation et représentation

L'ensemble de valeurs de luminance et de tensions de commande obtenues peut être présenté sous forme de texte ou représenté graphiquement par un diagramme avec des coordonnées cartésiennes, par exemple.

A partir de l'ensemble de valeurs de luminance obtenues en fonction de l'état électrique de commande, diverses caractéristiques constitutives peuvent être évaluées en fonction des exigences correspondantes.

6.6 Fonction de transfert électro-optique – colorimétrie

6.6.1 But

Cette procédure de mesure vise à obtenir la relation entre les conditions d'excitation électrique du DUT et la chromaticité de la réponse optique résultante dans des conditions spécifiées. Selon la nature du DUT, les paramètres de commande peuvent être spécifiés par niveaux de tensions analogiques (par exemple, niveaux vidéo) ou par niveaux d'entrées numériques (par exemple, valeurs R, G, B numériques).

6.6.2 Montage

Le DUT doit être placé dans le montage de mesure et on doit s'assurer que toutes les conditions requises sont remplies.

Toutes les sources d'éclairage du montage sélectionné doivent être mises sous tension et laissées se stabiliser afin d'atteindre la stabilité requise (voir 5.5.2) avant que le processus de mesure soit entamé.

Le DUT doit être mis sous tension et laissé se stabiliser afin d'atteindre la stabilité requise (voir 5.5.2.1) avant que le processus de mesure soit entamé.

6.6.3 Méthode de mesure

Le premier ensemble de conditions d'excitation électrique (c'est-à-dire tension(s) d'entrée analogique(s) ou signaux d'entrée numériques) doit être appliqué au DUT, puis un temps de pause doit être respecté afin que le DUT s'établisse dans un état optique stable. Pour obtenir un exemple de la manière permettant de vérifier que le temps de pause est suffisamment long, voir l'Annexe C. Ensuite, il faut mesurer les grandeurs optiques étudiées (c'est-à-dire la distribution de la luminance spectrale ou les composantes trichromatiques). Un nouvel ensemble de paramètres de commande est appliqué et la procédure est répétée.

La procédure de mesure peut être décrite formellement comme suit:

- a) Appliquer le signal de commande à toute la zone active.

- b) Attendre que la réponse optique s'établisse à un état stable.
- c) Procéder à la mesure de la distribution de la luminance spectrale ou des composantes trichromatiques.
- d) Revenir à l'étape a).

Le résultat immédiat de la procédure de mesure est un ensemble de distributions spectrales de la radiance ou de valeurs trichromatiques, $S(\lambda)$ ou X , Y , Z respectivement, fournies par le LMD en fonction du paramètre de commande électrique (entrée analogique ou numérique).

NOTE La distribution de la luminance spectrale $S(\lambda)$ est constituée d'une gamme de valeurs individuelles décrivant la variation de la radiance spectrale avec la longueur d'onde de la lumière. Les valeurs trichromatiques sont composées de trois valeurs individuelles selon la définition de l'observateur de référence colorimétrique selon CIE 1931 2°, c'est-à-dire X , Y (valeur proportionnelle à la luminance) et Z (voir CIE 15).

Distribution de la luminance spectrale	Valeurs trichromatiques			Commande électrique
$S(\lambda)_i$	X_i	Y_i	Z_i	ED_i
$i = 0 \dots n$				

6.6.4 Définitions et évaluations

Il est possible d'évaluer la luminance spectrale S_λ et les composantes trichromatiques X_i , Y_i et Z_i afin d'obtenir une gamme de caractéristiques colorimétriques selon les définitions de la CIE (par exemple, coordonnées trichromatiques, saturation, teinte, etc.).

Ces valeurs peuvent être présentées sous forme de texte ou représentées graphiquement par divers diagrammes de chromaticité de la CIE 15 (CIE 1931, diagramme de chromaticité uniforme CIE 1976, etc.).

A partir de l'ensemble de valeurs de luminance obtenues en fonction de l'état électrique de commande, diverses caractéristiques constitutives peuvent être évaluées en fonction des exigences correspondantes.

6.7 Variations latérales (mesure photométrique, colorimétrique)

6.7.1 But

Cette mesure vise à déterminer l'homogénéité de la luminance et/ou de la couleur du DUT.

6.7.2 Equipement de mesure

Un LMD (luminancemètre pour la mesure photométrique, spectrophotomètre ou colorimètre pour la mesure colorimétrique), une alimentation de puissance, un générateur de signaux d'attaque pour LCD et un dispositif de positionnement capable de réaliser la géométrie de mesure voulue pour tous les points sur le DUT à mesurer sont utilisés pour ces mesures.

6.7.3 Uniformité de la luminance

6.7.3.1 Méthode de mesure

D'abord, porter au maximum le rapport de contraste de plein champ CR_{PF} (voir 6.2.4.2). Ensuite, appliquer le signal de données en entrée correspondant à l'état de luminance maximale du DUT (signal de données en entrée à 100 % ou blanc saturé) au dispositif.

Enfin, mesurer la luminance maximale ($L_{\max,d}$) aux emplacements spécifiés (d) de la zone active. La mesure est effectuée soit en cinq points (emplacements p_0 , p_{11} , p_{15} , p_{19} et p_{23}), soit en neuf points (emplacements p_0 , p_9 , p_{11} , p_{13} , p_{15} , p_{17} , p_{19} , p_{21} et p_{23}), le LMD étant perpendiculaire à la surface du DUT.

6.7.3.2 Définitions et évaluations

Déterminer la luminance moyenne du BLANC saturé: $L_{W(av)}$ par le calcul suivant:

$$L_{W(av)} = \frac{1}{N} \sum_{d=1}^N L_{\max,d} \quad (20)$$

où N est le nombre d'emplacements de mesure et d est le numéro de chaque point.

La non-uniformité à longue distance (LNU) de la luminance est ensuite calculée à partir de la luminance individuelle $L_{\max,d}$ et de la luminance moyenne $L_{W(av)}$ selon:

$$LNU_W = \max \left| \frac{L_{W(av)} - L_{\max,d}}{L_{W(av)}} \right| \quad (21)$$

$LNU_W = 0$ indique un afficheur parfaitement uniforme pour le nombre choisi d'emplacements de mesure.

6.7.4 Uniformité du blanc

6.7.4.1 Méthode de mesure

La mesure de chromaticité est effectuée soit en cinq points (emplacements p_0 , p_{11} , p_{15} , p_{19} et p_{23}), soit en neuf points (emplacements p_0 , p_9 , p_{11} , p_{13} , p_{15} , p_{17} , p_{19} , p_{21} et p_{23}) (voir Figure 3), l'afficheur étant commandé pour un blanc saturé (niveau de gris le plus élevé).

6.7.4.2 Définitions et évaluations

La chromaticité correspondant à la mesure à l'emplacement i est définie par les coordonnées de couleur x_i et y_i , comme suit:

$$x_{W(i)} = \frac{X_{W(i)}}{X_{W(i)} + Y_{W(i)} + Z_{W(i)}}, \quad y_{W(i)} = \frac{Y_{W(i)}}{X_{W(i)} + Y_{W(i)} + Z_{W(i)}} \quad (22)$$

Les écarts entre la chromaticité à l'emplacement i et la chromaticité au centre de l'afficheur sont définis comme des différences de couleur, selon la définition du diagramme de chromaticité uniforme CIE 1976 (voir CIE 15):

$$\Delta u'_w = u'_{W(i)} - u'_{W(0)} \quad \Delta v'_w = v'_{W(i)} - v'_{W(0)}, \quad \Delta u' v'_w = \sqrt{(\Delta u'_w)^2 + (\Delta v'_w)^2} \quad (23)$$

6.7.5 Uniformité de la chromaticité

6.7.5.1 Méthode de mesure

Les mesures sont effectuées à l'emplacement p_0 (centre de l'afficheur). Appliquer la valeur des signaux d'entrée de couleurs de la couleur à mesurer (c) à toutes les entrées primaires R (rouge), G (vert-green) et B (bleu) au dispositif. Mesurer les composantes trichromatiques $X_c(i)$, $Y_c(i)$, $Z_c(i)$, respectivement. La mesure est effectuée soit à cinq emplacements (p_0 , p_{11} , p_{15} , p_{19} et p_{23}), soit à neuf emplacements (p_0 , p_9 , p_{11} , p_{13} , p_{15} , p_{17} , p_{19} , p_{21} et p_{23}).

6.7.5.2 Définitions et évaluations

La chromaticité correspondant à la mesure à l'emplacement (*i*) est définie par les coordonnées de couleur $x_{c(i)}$, $y_{c(i)}$, comme suit:

$$x_{c(i)} = \frac{X_{c(i)}}{X_{c(i)} + Y_{c(i)} + Z_{c(i)}}, \quad y_{c(i)} = \frac{Y_{c(i)}}{X_{c(i)} + Y_{c(i)} + Z_{c(i)}} \quad (24)$$

Les écarts entre la chromaticité à l'emplacement (*i*) et la chromaticité au centre de l'afficheur sont définis comme des différences de couleur dans un "espace chromatique à peu près uniforme", par exemple, comme défini dans le diagramme de chromaticité uniforme CIE 1976 (voir la CIE 15).

$$\Delta u'_c = u'_{c(i)} - u'_{c(0)} \quad \Delta v'_c = v'_{c(i)} - v'_{c(0)} \quad \Delta u'v'_c = \sqrt{(\Delta u'_c)^2 + (\Delta v'_c)^2} \quad (25)$$

6.7.6 Uniformité des couleurs primaires

6.7.6.1 Méthode de mesure

Les mesures sont effectuées à l'emplacement p_0 (centre de l'afficheur). Appliquer la valeur maximale des signaux d'entrée de couleurs de toutes les couleurs primaires R (rouge), G (vert-green) et B (bleu) simultanément au dispositif. Ensuite, porter le rapport de contraste au maximum à cette valeur des primaires d'entrée. Enfin, appliquer séparément les signaux d'entrée de données R, de données G et de données B maximaux au dispositif, l'entrée de données des primaires complémentaires étant réglée sur la valeur minimale ou sur zéro, et mesurer les composantes trichromatiques des couleurs R, G et B, à savoir $X_{r(i)}$, $Y_{r(i)}$, $Z_{r(i)}$, $X_{g(i)}$, $Y_{g(i)}$, $Z_{g(i)}$ et $X_{b(i)}$, $Y_{b(i)}$, $Z_{b(i)}$, respectivement. La mesure est effectuée soit à cinq emplacements (p_0 , p_{11} , p_{15} , p_{19} et p_{23}), soit à neuf emplacements (p_0 , p_9 , p_{11} , p_{13} , p_{15} , p_{17} , p_{19} , p_{21} et p_{23}).

6.7.6.2 Définitions et évaluations

La chromaticité correspondant à la mesure à l'emplacement *i* est définie par les coordonnées de couleur $x_{r(i)}$, $y_{r(i)}$, $x_{g(i)}$, $y_{g(i)}$, $x_{b(i)}$ et $y_{b(i)}$ comme suit:

$$x_{r(i)} = \frac{X_{r(i)}}{X_{r(i)} + Y_{r(i)} + Z_{r(i)}}, \quad y_{r(i)} = \frac{Y_{r(i)}}{X_{r(i)} + Y_{r(i)} + Z_{r(i)}} \quad (26)$$

$$x_{g(i)} = \frac{X_{g(i)}}{X_{g(i)} + Y_{g(i)} + Z_{g(i)}}, \quad y_{g(i)} = \frac{Y_{g(i)}}{X_{g(i)} + Y_{g(i)} + Z_{g(i)}} \quad (27)$$

$$x_{b(i)} = \frac{X_{b(i)}}{X_{b(i)} + Y_{b(i)} + Z_{b(i)}}, \quad y_{b(i)} = \frac{Y_{b(i)}}{X_{b(i)} + Y_{b(i)} + Z_{b(i)}} \quad (28)$$

Les écarts entre la chromaticité à l'emplacement *i* et la chromaticité au centre de l'afficheur sont définis comme des différences de couleur dans un "espace chromatique à peu près uniforme", par exemple, comme défini dans le diagramme de chromaticité uniforme CIE 1976 (voir la CIE 15).

$$\Delta u'_r = u'_{r(i)} - u'_{r(0)} \quad \Delta v'_r = v'_{r(i)} - v'_{r(0)} \quad \Delta u'v'_r = \sqrt{(\Delta u'_r)^2 + (\Delta v'_r)^2} \quad (29)$$

$$\Delta u'_g = u'_{g(i)} - u'_{g(0)} \quad \Delta v'_g = v'_{g(i)} - v'_{g(0)} \quad \Delta u' v'_g = \sqrt{(\Delta u'_g)^2 + (\Delta v'_g)^2} \quad (30)$$

$$\Delta u'_b = u'_{b(i)} - u'_{b(0)} \quad \Delta v'_b = v'_{b(i)} - v'_{b(0)} \quad \Delta u' v'_b = \sqrt{(\Delta u'_b)^2 + (\Delta v'_b)^2} \quad (31)$$

6.7.7 Diaphotie

6.7.7.1 But

Cette méthode est appliquée aux mesures du niveau de diaphotie dépendant de la structure d'image du dispositif d'affichage.

6.7.7.2 Equipement de mesure

Une alimentation de puissance, un générateur de signaux d'attaque et un luminancemètre pour LCD sont utilisés pour ces mesures.

6.7.7.3 Afficheurs matriciels à échelle de gris

6.7.7.3.1 Méthode de mesure

D'abord, le DUT est excité avec un niveau vidéo (gris saturé) donnant une valeur de luminance aussi proche que possible de 50 %. Ensuite, la luminance est mesurée aux emplacements p_9 , p_{13} , p_{17} et p_{21} selon la direction d'observation normale ($= 0^\circ$). Définir la luminance mesurée à l'emplacement p_i comme $L_{ref}[i]$. Porter les informations vidéo dans le rectangle défini par les centres des emplacements p_2 , p_4 , p_6 et p_8 (c'est-à-dire une largeur et une hauteur d'environ 40 % de la largeur et de la hauteur de l'afficheur) au noir saturé; mesurer à nouveau la luminance aux emplacements p_9 , p_{13} , p_{17} et p_{21} et l'appeler $L_{bl}[i]$. Enfin, porter les informations vidéo du rectangle défini ci-dessus au blanc saturé, remesurer la luminance aux emplacements mentionnés ci-dessus et l'appeler $L_{wh}[i]$.

6.7.7.3.2 Définitions et évaluations

La diaphotie horizontale du blanc HXT_{wh} est définie comme:

$$HXT_{wh} (\%) = 100 \times \max \left(\left| \frac{L_{wh} [21] - L_{ref} [21]}{L_{ref} [21]} \right| \vee \left| \frac{L_{wh} [13] - L_{ref} [13]}{L_{ref} [13]} \right| \right) [\%] \quad (32)$$

La diaphotie horizontale du noir HXT_{bl} est définie comme:

$$HXT_{bl} (\%) = 100 \times \max \left(\left| \frac{L_{bl} [21] - L_{ref} [21]}{L_{ref} [21]} \right| \vee \left| \frac{L_{bl} [13] - L_{ref} [13]}{L_{ref} [13]} \right| \right) [\%] \quad (33)$$

La diaphotie horizontale (totale) HXT est maintenant définie comme:

$$HXT = \max (HXT_{wh} \vee HXT_{bl}) \quad (34)$$

De la même manière, la diaphotie *verticale du blanc* VXT_{wh} est définie comme:

$$VXT_{wh} (\%) = 100 \times \max \left(\left| \frac{L_{wh} [9] - L_{ref} [9]}{L_{ref} [9]} \right| \vee \left| \frac{L_{wh} [17] - L_{ref} [17]}{L_{ref} [17]} \right| \right) [\%] \quad (35)$$

La diaphotie *verticale du noir* VXT_{bl} est définie comme:

$$VXT_{bl}(\%) = 100 \times \max \left(\left| \frac{L_{bl} [9] - L_{ref} [9]}{L_{ref} [9]} \right| \vee \left| \frac{L_{bl} [17] - L_{ref} [17]}{L_{ref} [17]} \right| \right) \quad [\%] \quad (36)$$

La diaphotie *verticale* (totale) VXT est définie comme:

$$VXT = \max (VXT_{bl} \vee VXT_{wh}) \quad (37)$$

6.7.7.4 Afficheurs matriciels noir et blanc (deux niveaux)

6.7.7.4.1 Méthode de mesure

Les mesures sont réalisées dans la chambre noire, dans les conditions normales de mesure.

Tout d'abord, le DUT est excité avec un signal du niveau du blanc (ON). Ensuite, la luminance est mesurée aux emplacements p_9 , p_{13} , p_{17} et p_{21} selon la direction d'observation normale ($= 0^\circ$). Définir la luminance mesurée à l'emplacement p_i comme $L_{ONref}[i]$. Ensuite, porter le niveau d'excitation du rectangle défini par les centres des emplacements p_2 , p_4 , p_6 et p_8 (c'est-à-dire une largeur et une hauteur d'environ 40 % de la largeur et de la hauteur de l'afficheur) au niveau du noir (OFF); mesurer à nouveau la luminance aux emplacements p_9 , p_{13} , p_{17} et p_{21} et l'appeler $L_{OFF}[i]$.

6.7.7.4.2 Définitions et évaluations

La diaphotie OFF-of-ON $XT_{OFF/ON}$ est définie comme:

$$XT_{OFF/ON}(\%) = 100 \times \max \left(\left| \frac{L_{OFF}[i] - L_{ONref}[i]}{L_{ONref}[i]} \right| : i = 9, 13, 17, 21 \right) \quad [\%] \quad (38)$$

Ensuite, le DUT est excité avec un signal au niveau du noir (OFF). Ensuite, la luminance est mesurée aux emplacements p_9 , p_{13} , p_{17} et p_{21} selon la direction d'observation normale ($= 0^\circ$). Définir la luminance mesurée à l'emplacement p_i comme $L_{OFFref}[i]$. Porter le signal d'excitation dans le rectangle défini par les centres des emplacements p_2 , p_4 , p_6 et p_8 (c'est-à-dire une largeur et une hauteur de 40 % de la largeur et de la hauteur de l'affichage) au niveau du blanc (ON); mesurer à nouveau la luminance aux emplacements p_9 , p_{13} , p_{17} et p_{21} et l'appeler $L_{ON}[i]$.

La diaphotie ON-of-OFF $XT_{ON/OFF}$ est définie comme:

$$XT_{ON/OFF}(\%) = 100 \times \max \left(\left| \frac{L_{ON}[i] - L_{OFFref}[i]}{L_{OFFref}[i]} \right| : i = 9, 13, 17, 21 \right) \quad [\%] \quad (39)$$

Le résultat de cette mesure peut être fortement influencé par la résolution du LMD. Afin d'augmenter la résolution de la mesure, les options suivantes sont possibles entre autres:

- changer de direction d'observation pour rendre la diaphotie plus visible, ou
- changer de tension de service (batterie) pour rendre la diaphotie plus visible.

Il faut que les deux modifications soient explicitement spécifiées dans les résultats.

6.7.8 Mura

A mettre en place dans une révision ultérieure de cette norme.

6.7.9 Marquage d'écran

A mettre en place dans une révision ultérieure de cette norme.

6.7.10 Conditions spécifiées

Les enregistrements de la mesure doivent être réalisés de manière à décrire les écarts par rapport aux conditions normales de mesure et doivent inclure les informations suivantes:

- signaux d'attaque (formes d'onde, tension et fréquence);
- points de mesure.

6.8 Facteur de réflexion provenant de la surface de la zone active

6.8.1 But

Les réflexions des sources de lumière ambiante par la surface d'affichage sont très perturbatrices (éblouissement inconfortable, éblouissement perturbateur) et il convient de les éviter ou du moins les réduire afin de ne pas nuire aux performances visuelles des LCD. Dans la présente norme, seules les réflexions non lambertiennes sont prises en compte, car les LCD ne présentent généralement pas de composantes de réflexion diffuse lambertienne. La quantité de diffusion provenant d'une surface mate peut être caractérisée par deux mesures de facteur de réflexion spéculaire appropriées avec différentes ouvertures de source de lumière.

Cette méthode est appliquée aux mesures du facteur de réflexion spéculaire de surface provenant de la zone active du dispositif d'affichage à cause de la lumière provenant de l'extérieur du dispositif.

6.8.2 Equipement de mesure

Une source de lumière à ouverture réglable (1° et 15°), un LMD et un mécanisme de positionnement sont nécessaires.

6.8.3 Méthode de mesure

Les mesures sont réalisées dans la chambre noire dans les conditions normales de mesure au centre de la zone active d'affichage. La source de lumière, le DUT et le luminancemètre sont positionnés de manière à ce que la source et le luminancemètre soient coplanaires et inclinés à environ 15° par rapport à la normale à la surface du DUT, comme illustré à la Figure 5.

Exigences applicables à la ou aux sources de lumière:

- La ou les sources de lumière doivent fournir une luminance uniforme dans leur pupille de sortie. L'écart de luminance doit être inférieur à 5 %.
- La luminance de la source de lumière doit être stable dans le temps. Aucune fluctuation de luminance à long ou à court terme ne doit dépasser 1 %.
- Afin d'assurer un rapport signal/bruit élevé pour le luminancemètre, la luminance de la source de lumière doit être suffisamment élevée (par exemple, 5 k cd/m^2 et plus).
- La distribution spectrale de la source de lumière doit être spécifiée. Il est recommandé d'utiliser des sources de lumière dont la température de couleur corrélée est aussi proche que possible de l'illuminant D65.

Les angles d'ouverture de la ou des sources de lumière sont mesurés à partir du centre du point de mesure situé sur le DUT. Aucune autre source de lumière ne doit être impliquée dans la mesure (par exemple, le DUT ne doit pas être éclairé par une unité de rétro-éclairage, cependant le facteur de réflexion spéculaire peut être évalué à l'état d'ARRET, "sombre" ou "lumineux" du DUT). La mise au point du luminancemètre doit être faite sur la sortie (c'est-à-dire l'ouverture) de la source de lumière. Si la mise au point n'est pas possible en raison d'une surface du DUT qui diffuse (c'est-à-dire une couche antireflet), utiliser une lamelle de microscope ou une bande adhésive en plastique transparent pour réaliser le réglage mécanique sur la position spéculaire et la mise au point. Le champ de mesure du luminancemètre ne doit pas dépasser $0,5^\circ$ dans le cas de l'ouverture de source de 1° , 1° dans le cas de l'ouverture de source de 15° . Le champ de mesure (c'est-à-dire le point de mesure) doit être centré à l'intérieur de la pupille de sortie de la source. Afin d'obtenir une indication pour les composants non spéculaires du facteur de réflexion, le facteur de réflexion du DUT est mesuré selon deux conditions différentes d'éclairage.

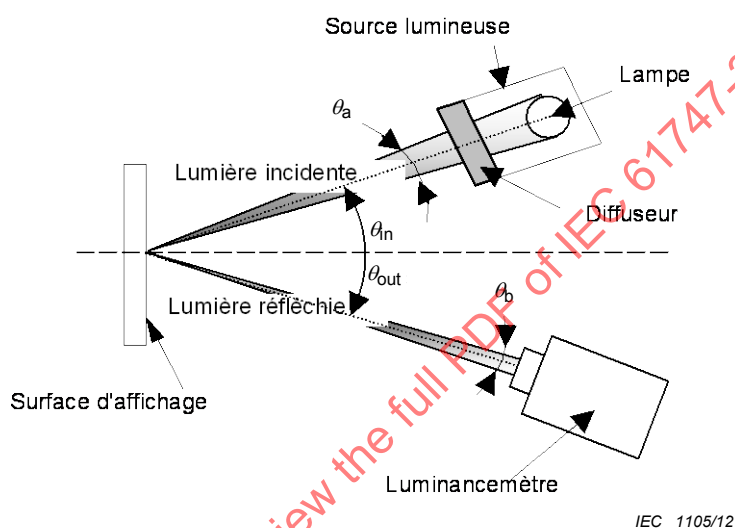


Figure 5 – Exemple de montage normal pour les mesures de réflexion spéculaire

Le signal de puissance et le signal d'attaque ne sont pas appliqués au dispositif. L'angle d'observation du luminancemètre par rapport à la surface d'affichage doit être

$$\theta_{out} = \theta_{in} \quad (40)$$

Il convient que l'angle d'ouverture total de la lumière d'éclairage soit $\theta_a = 1^\circ$ pour la mesure de R_1 et $\theta_a = 15^\circ$ pour la mesure de R_{15} . L'angle d'ouverture total du luminancemètre doit être $0,1^\circ < \theta_b < 0,5^\circ$ et doit être maintenu fixe et égal durant les deux mesures. La distance entre la surface du DUT et la source de lumière est l_1 ($l_1 = 50$ cm est une valeur couramment utilisée); la distance entre la surface du DUT et le luminancemètre est l_2 (souvent aussi 50 cm).

Mesurer la luminance provenant de la source $L_R[i]$ après réflexion par le DUT à l'emplacement central ($i = 0$). Le détecteur doit être mis au point sur la lampe (plutôt que sur la surface d'affichage). Calibrer la source de lumière en positionnant le luminancemètre directement devant la source de lumière à la distance $l_1 + l_2$ et ainsi, mesurer L_{01} and L_{15} pour les deux ouvertures de la source de lumière, 1° et 15° .

NOTE En raison de la dépendance de l'orientation des molécules de cristaux liquides, les valeurs du facteur de réflexion peuvent dépendre de l'état de commande du LCD (état d'arrêt, noir ou blanc).

6.8.4 Définitions et évaluation

Le facteur de réflexion à l'emplacement central $R[i=0]$ est donné par les Équations 41 et 42:

$$R_1[0] = \frac{L_R[0]}{L_{01}} \quad (\theta_a = 1^\circ) \quad (41)$$

et

$$R_{15}[0] = \frac{L_R[0]}{L_{15}} \quad (\theta_a = 15^\circ) \quad (42)$$

Lorsque la diffusion augmente, la différence entre R_1 et R_{15} augmente aussi. La surface non diffusante parfaitement plate ne présente pas de différences entre R_1 et R_{15} .

6.8.5 Conditions spécifiées

Les enregistrements de la mesure doivent être réalisés de manière à décrire les écarts par rapport aux conditions normales de mesure et doivent inclure les informations suivantes:

- Angles de la lumière incidente (θ_{in}) et de la lumière réfléchie pour le luminancemètre (θ_{out});
- angles d'ouverture de la source de lumière (θ_a) et du luminancemètre;
- type de la source de lumière (spectre et luminance);
- état des signaux d'attaque du dispositif d'affichage.

Il convient de prendre des précautions particulières lors de l'utilisation d'une géométrie de source de 1° en raison d'un risque d'erreur plus élevé.

6.9 Facteur de transmittance spectrale

6.9.1 But

Cette méthode vise à déterminer la transmittance spectrale d'une cellule à cristal liquide alimentée indépendamment de la source de lumière. Si les caractéristiques du système de rétro-éclairage à utiliser sont connues ou supposées, on peut les utiliser en vue de fournir des valeurs de luminance virtuelles pour la mesure et le calcul des autres paramètres optiques (par exemple, rapport de contraste).

6.9.2 Equipement de mesure

La méthode spectrophotométrique mesure la luminance spectrale à l'aide d'un spectrophotomètre et détermine les composantes trichromatiques à l'aide d'un spectrophotomètre.

Le spectrophotomètre utilisé aux fins de mesure de spectrophotométrie entre dans la catégorie des spectrophotomètres de première ou de seconde classe selon la CIE 15.

6.9.3 Définitions et évaluation

On détermine le facteur de transmittance spectrale $T(\lambda)$ du DUT en comparant le DUT à la source de lumière. La procédure de mesure des instruments à simple faisceau est présentée ci-dessous, mais il est également possible d'utiliser des instruments à double faisceau.

- Mesurer la source de lumière et relever une valeur de $T_w'(\lambda)$.
- Positionner le DUT sur le trajet du rayon et enregistrer une valeur de $T'(\lambda)$.
- Déterminer le facteur de transmittance spectrale $T(\lambda)$ du DUT à l'aide de la formule suivante:

$$T(\lambda) = \frac{T'(\lambda)}{T_w'(\lambda)} \quad (43)$$