

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Liquid crystal display devices –**

**Part 6-2: Measuring methods for liquid crystal display modules – Reflective type**

**Dispositifs d'affichage à cristaux liquides –**

**Partie 6-2: Méthodes de mesure pour les modules d'affichage à cristaux liquides –  
Type réflexible**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61747-6-2:2011



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland  
Email: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)

## About the IEC

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

## About IEC publications

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

- Catalogue of IEC publications: [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

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

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

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

- Customer Service Centre: [www.iec.ch/webstore/custserv](http://www.iec.ch/webstore/custserv)

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

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

## A propos de la CEI

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

## A propos des publications CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: [www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut-f.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm)

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

- Just Published CEI: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

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

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

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

- Service Clients: [www.iec.ch/webstore/custserv/custserv\\_entry-f.htm](http://www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm)

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

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Liquid crystal display devices –**

**Part 6-2: Measuring methods for liquid crystal display modules – Reflective type**

**Dispositifs d'affichage à cristaux liquides –**

**Partie 6-2: Méthodes de mesure pour les modules d'affichage à cristaux liquides –  
Type réflexible**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

**XA**

ICS 31.120

ISBN 978-2-88912-507-4

## CONTENTS

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                | 5  |
| INTRODUCTION.....                                                            | 7  |
| 1 Scope .....                                                                | 8  |
| 2 Normative references .....                                                 | 8  |
| 3 Illumination and illumination geometry.....                                | 9  |
| 3.1 General comments and remarks on the measurement of reflective LCDs ..... | 9  |
| 3.2 Viewing-direction coordinate system .....                                | 9  |
| 3.3 Basic illumination geometries.....                                       | 10 |
| 3.4 Realization of illumination geometries .....                             | 10 |
| 3.4.1 General .....                                                          | 10 |
| 3.4.2 Directional illumination .....                                         | 11 |
| 3.4.3 Ring-light illumination.....                                           | 11 |
| 3.4.4 Conical illumination.....                                              | 12 |
| 3.4.5 Hemispherical illumination.....                                        | 12 |
| 4 Standard measurement equipment and set-up.....                             | 13 |
| 4.1 Light measuring devices (LMD).....                                       | 13 |
| 4.2 Positioning and alignment.....                                           | 13 |
| 4.3 Standard measurement arrangements.....                                   | 13 |
| 4.3.1 General .....                                                          | 13 |
| 4.3.2 Directional illumination .....                                         | 14 |
| 4.3.3 Ring-light illumination.....                                           | 15 |
| 4.3.4 Conical illumination.....                                              | 15 |
| 4.3.5 Hemispherical illumination.....                                        | 16 |
| 4.3.6 Other illumination conditions .....                                    | 17 |
| 4.4 Standard specification of measurement conditions .....                   | 17 |
| 4.4.1 Illumination conditions.....                                           | 17 |
| 4.4.2 LMD conditions .....                                                   | 19 |
| 4.4.3 Unwanted effects of receiver inclination.....                          | 20 |
| 4.4.4 Control and suppression of front-surface reflections.....              | 20 |
| 4.5 Working standards and references .....                                   | 21 |
| 4.5.1 Diffuse reflectance standard.....                                      | 21 |
| 4.5.2 Specular reflectance standard .....                                    | 21 |
| 4.6 Standard locations of measurement field .....                            | 22 |
| 4.6.1 Matrix displays.....                                                   | 22 |
| 4.6.2 Segment displays.....                                                  | 22 |
| 4.7 Standard DUT operating conditions.....                                   | 23 |
| 4.7.1 General .....                                                          | 23 |
| 4.7.2 Standard ambient conditions .....                                      | 23 |
| 4.8 Standard measuring process.....                                          | 23 |
| 5 Standard measurements and evaluations .....                                | 24 |
| 5.1 Reflectance – Photometric .....                                          | 24 |
| 5.1.1 Purpose.....                                                           | 24 |
| 5.1.2 Measuring equipment.....                                               | 24 |
| 5.1.3 Measuring method .....                                                 | 24 |
| 5.1.4 Definitions and evaluations .....                                      | 25 |
| 5.2 Contrast ratio .....                                                     | 26 |

|                       |                                                         |    |
|-----------------------|---------------------------------------------------------|----|
| 5.2.1                 | Purpose .....                                           | 26 |
| 5.2.2                 | Measuring equipment .....                               | 26 |
| 5.2.3                 | Measurement method .....                                | 26 |
| 5.2.4                 | Definitions and evaluations .....                       | 27 |
| 5.3                   | Peak viewing direction / viewing angle range .....      | 27 |
| 5.3.1                 | Purpose / definition .....                              | 27 |
| 5.3.2                 | Measuring equipment .....                               | 27 |
| 5.3.3                 | Viewing angle .....                                     | 27 |
| 5.3.4                 | Viewing angle range without gray-level inversion .....  | 28 |
| 5.3.5                 | Specular reflectance from the active area surface ..... | 29 |
| 5.4                   | Chromaticity .....                                      | 31 |
| 5.4.1                 | Purpose .....                                           | 31 |
| 5.4.2                 | Measuring equipment .....                               | 31 |
| 5.4.3                 | Measuring method .....                                  | 31 |
| 5.4.4                 | Definitions and evaluations .....                       | 31 |
| 5.4.5                 | Specified conditions .....                              | 33 |
| 5.5                   | Electro-optical transfer function – Photometric .....   | 33 |
| 5.5.1                 | Purpose .....                                           | 33 |
| 5.5.2                 | Set-up .....                                            | 33 |
| 5.5.3                 | Procedure .....                                         | 33 |
| 5.5.4                 | Evaluation and representation .....                     | 34 |
| 5.6                   | Electro-optical transfer function – Colorimetric .....  | 34 |
| 5.6.1                 | Purpose .....                                           | 34 |
| 5.6.2                 | Set-up .....                                            | 34 |
| 5.6.3                 | Procedure .....                                         | 34 |
| 5.6.4                 | Evaluation and representation .....                     | 35 |
| 5.7                   | Lateral variations (photometric, colorimetric) .....    | 36 |
| 5.7.1                 | Purpose .....                                           | 36 |
| 5.7.2                 | Measuring equipment .....                               | 36 |
| 5.7.3                 | Uniformity of reflectance .....                         | 36 |
| 5.7.4                 | Uniformity of white .....                               | 37 |
| 5.7.5                 | Uniformity of chromaticity .....                        | 37 |
| 5.7.6                 | Uniformity of primary colours .....                     | 38 |
| 5.7.7                 | Cross-talk .....                                        | 39 |
| 5.7.8                 | Specified conditions .....                              | 40 |
| 5.8                   | Temporal variations .....                               | 41 |
| 5.8.1                 | Response time .....                                     | 41 |
| 5.8.2                 | Flicker / frame response (multiplexed displays) .....   | 43 |
| 5.8.3                 | Specified conditions .....                              | 45 |
| 5.9                   | Electrical characteristics .....                        | 46 |
| 5.9.1                 | Purpose .....                                           | 46 |
| 5.9.2                 | Measuring instruments .....                             | 46 |
| 5.9.3                 | Measuring method .....                                  | 46 |
| 5.9.4                 | Definitions and evaluations .....                       | 46 |
| 5.9.5                 | Specified conditions .....                              | 47 |
| Annex A (informative) | Standard measuring conditions .....                     | 48 |
| Bibliography          | .....                                                   | 52 |

|                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 – Representation of the viewing-direction (equivalent to the direction of measurement) by the angle of inclination, $\theta$ and the angle of rotation (azimuth angle), $\phi$ in a polar coordinate system.....                                 | 9  |
| Figure 2 – Directional illumination with a flat source disk .....                                                                                                                                                                                         | 10 |
| Figure 3 – Realization alternatives for directional illumination .....                                                                                                                                                                                    | 11 |
| Figure 4 – Examples of ring-light illumination.....                                                                                                                                                                                                       | 12 |
| Figure 5 – Examples of conical illumination with a spherical dome (left) and an integrating sphere with large aperture (right) .....                                                                                                                      | 12 |
| Figure 6 – Examples of hemispherical illumination .....                                                                                                                                                                                                   | 13 |
| Figure 7 – Side-view of the measuring set-up using directional illumination .....                                                                                                                                                                         | 14 |
| Figure 8 – Side-view of the ring-light illumination measuring set-up.....                                                                                                                                                                                 | 15 |
| Figure 9 – Side-view of the conical illumination measuring set-up .....                                                                                                                                                                                   | 16 |
| Figure 10 – Side-view of the hemispherical illumination measuring set-up .....                                                                                                                                                                            | 17 |
| Figure 11 – Hemispherical illumination with gloss-trap (GT) opposite to receiver inclination .....                                                                                                                                                        | 18 |
| Figure 12 – Normalized illuminance at the location of the measuring spot .....                                                                                                                                                                            | 18 |
| Figure 13 – Lines of equal chromaticity differences $\Delta u'$ (left), $\Delta v'$ (right) .....                                                                                                                                                         | 19 |
| Figure 14 – Shape of measuring spot on DUT for two angles of receiver inclination.....                                                                                                                                                                    | 20 |
| Figure 15 – Reflections from the first surface of a transparent medium (glass substrate, polarizer, etc.) superimposed to the reflection component that is modulated by the display device.....                                                           | 21 |
| Figure 16 – Standard measurement positions are at the centres of all rectangles p0-p24. Height and width of each rectangle is 20 % of display height and width respectively. ....                                                                         | 22 |
| Figure 17 – Example of standard set-up for specular reflection measurements .....                                                                                                                                                                         | 30 |
| Figure 18 – Example of equipment for measurement of temporal variations.....                                                                                                                                                                              | 41 |
| Figure 19 – Relationship between driving signal and optical response times.....                                                                                                                                                                           | 43 |
| Figure 20 – Frequency characteristics of the integrator (response of human visual system) .....                                                                                                                                                           | 44 |
| Figure 21 – Example of power spectrum .....                                                                                                                                                                                                               | 45 |
| Figure 22 – Checker-flag pattern for current and power consumption measurements .....                                                                                                                                                                     | 46 |
| Figure 23 – Example of measuring block diagram for current and power consumption of a liquid crystal display device .....                                                                                                                                 | 47 |
| Figure A.1 – Coordinate system for measurement of the BRDF, index "i" for incident light, index "r" for reflected light. Directions are described by two angles, $\theta$ and $\phi$ (inclination and azimuth) in a polar coordinate system as shown..... | 49 |
| Figure A.2 – Terminology for LMDs .....                                                                                                                                                                                                                   | 50 |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICES –

**Part 6-2: Measuring methods for liquid crystal display modules –  
Reflective 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 61747-6-2 has been prepared by IEC technical committee 110: Flat panel display devices.

This standard should be read together with the generic specification to which it refers.

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

| FDIS         | Report on voting |
|--------------|------------------|
| 110/281/FDIS | 110/299/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.

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.

The contents of the corrigendum of January 2012 have been included in this copy.

**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 these 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, EMC);
- 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 above cases, 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.

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 must 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 61747-6-2:2011

## LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICES –

### Part 6-2: Measuring methods for liquid crystal display modules – Reflective type

#### 1 Scope

This part of IEC 61747 gives details of the quality assessment procedures, the inspection requirements, screening sequences, sampling requirements, and test and measurement procedures required for the assessment of liquid crystal display modules.

This standard is restricted to reflective liquid crystal display-modules using either segment, passive or active matrix and a-chromatic or colour type LCDs (see Note). Furthermore, the reflective modes of transfective LCD modules with backlights OFF and reflective LCD modules of front light type without its front-light-unit, are comprised in this standard. A reflective LCD module with combination of a touch-key-panel or a front-light-unit is out of the scope of this standard, because its measurements are frequently inaccurate. Its touch-key-panel or front-light-unit should be removed before it can be included in this scope.

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, (general-) physicists, colour-perception scientists, physical engineers and electrical engineers. In general, all LCDs demonstrate some sort of chromaticity (e.g. as 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 [19])

- 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 64-colour display has 64 addressable colours (often made using 2 bits per primary for 3 primaries), etc. A full-colour display has at least 6 bits per primary ( $\geq 260$  thousand colours).

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.

#### 2 Normative references

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

ISO 11664-2:2007, *Colorimetry – Part 2: CIE standard illuminants*

CIE 15.2, *CIE Recommendations on Colorimetry*

CIE 17.4, *International Lighting Vocabulary*

CIE 38, *Radiometric and photometric characteristics of materials and their measurement*

CIE 1931, *CIE XYZ colour space*

CIE 1976, *CIE LAB colour space*

### 3 Illumination and illumination geometry

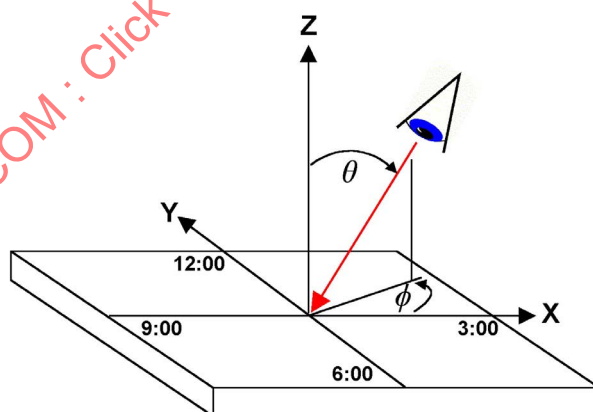
#### 3.1 General comments and remarks on the measurement of reflective LCDs

Reflective LCDs make use of the ambient illumination to display visual information; often, they do not possess their own integrated source of illumination. It is difficult to achieve the required significance and reproducibility of the results of measurements because of the close coupling between the apparatus providing the illumination, the LMD (light measuring device) and the device under test (DUT). This dependence of results on the instrumentation implies that e.g. the contrast of reflective LCDs is not an intrinsic property of the device itself, but the contrast can only be evaluated under specific and well defined conditions for illumination and detection [3]<sup>1</sup>, [4], [5], [6], [7], [8] ..[.].

This part describes a selection of different geometries suitable for measuring and characterizing reflective LCDs as a function of the direction of observation (i.e. viewing-direction = direction of measurement), as examples. The range of geometries for illumination of the DUT and detection of the light reflected from the DUT shall not be limited to the examples presented here. A set of parameters provides detailed specification of the conditions that are used for measurement of the electro-optical characteristics as listed below.

#### 3.2 Viewing-direction coordinate system

The viewing-direction is the direction under which the observer looks at the spot of interest on the display. During the measurement the light-measuring device replaces 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  $\theta$  (related to the surface normal of the DUT) and the angle of rotation  $\phi$  (also called azimuth angle) as illustrated in Figure 1. The azimuth angle is related with the directions on a watch-dial as follows: refer to  $\phi = 0^\circ$  as the 3 o'clock direction ("right"), to  $\phi = 90^\circ$  as the 12 o'clock direction ("top"),  $\phi = 180^\circ$  as the 9 o'clock direction ("left") and to  $\phi = 270^\circ$  as the 6 o'clock direction ("bottom").



IEC 951/11

**Figure 1 – Representation of the viewing-direction (equivalent to the direction of measurement) by the angle of inclination,  $\theta$  and the angle of rotation (azimuth angle),  $\phi$  in a polar coordinate system**

<sup>1</sup> Figures in square brackets refer to the bibliography.

### 3.3 Basic illumination geometries

Typical illumination geometries are (according to CIE 38):

- directional illumination

An illumination source where the incident rays are approximately parallel (max. deviation from optical axis  $< 5^\circ$ ) is directed at the DUT, the direction of illumination is specified by  $\theta$  and  $\phi$ . The intensity across the cross-section of the beam shall be constant within 5 %. Any source of light sufficiently distant from the DUT provides a directional illumination (e.g. sun, moon). Figure 2 provides an example of directional illumination with a flat source disk (Lambertian emission) of radius  $r_s$ , distance to measuring spot  $d$  and measuring spot radius  $r_{ms}$ .

The maximum deviation from the optical axis is depending on the diameter of both source and measuring spot. The maximum angle of deviation from the optical axis is given by the following Equation (1)

$$\text{atan} ([r_{ms} + r_s] / |d|) < 5^\circ \quad (1)$$

- conical illumination

Illumination is provided out of an extended solid angle  $\Omega_{SC}$  with the apex of this solid angle fixed to the centre of the measuring spot on the DUT. The variation of illuminance with direction inside this solid angle shall be specified. The recommended method for measuring this variation is given in Annex A. The cone of illumination itself is specified by the direction of the axis of the cone and the maximum inclination with respect to the axis (i.e. cone-angle).

- hemispherical illumination

Illumination is provided out of a wide solid angle  $\Omega_{SH}$  with the apex of this solid angle fixed to the centre of the measuring spot on the DUT. In the true hemispherical case the solid angle  $\Omega_{SH}$  extends to an angle of inclination of  $90^\circ$ . For the purpose of this standard, the term hemispherical illumination shall be applicable when illumination is provided such that the illuminance does not drop below 50 % of the maximum value at an angle of inclination of  $60^\circ$ . The variation of luminous intensity with direction inside the solid angle  $\Omega_{SH}$  shall be specified. The recommended method for measuring this variation is given in Annex A.

Mixtures and modifications of the three basic illumination geometries are possible as long as the conditions are sufficiently specified.

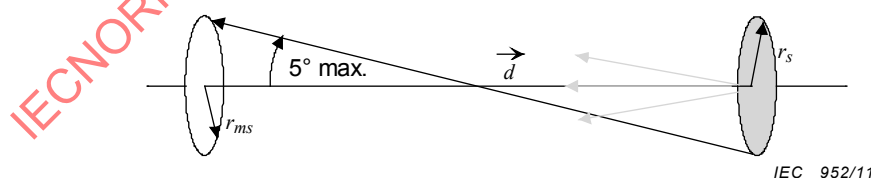


Figure 2 – Directional illumination with a flat source disk

### 3.4 Realization of illumination geometries

#### 3.4.1 General

The three basic types of illumination can be realized in different ways as illustrated in this clause. Implementation results in the following four examples for geometries of illumination.

### 3.4.2 Directional illumination

Directional illumination can be realized with three different types of sources when the source dimensions are kept small enough compared to the distance between source and the measuring field on the sample. The following geometries are depicted in Figure 3:

- flat Lambertian source, e.g. the exit port of an integrating sphere (top),
- spherical isotropic source (e.g. incandescent bulb inside a diffusing glass-sphere) (middle),
- projection system with lenses or mirrors (bottom).

Condition:  $\text{atan}([r_{ms} + r_s] / |d|) < 5^\circ$  (2)

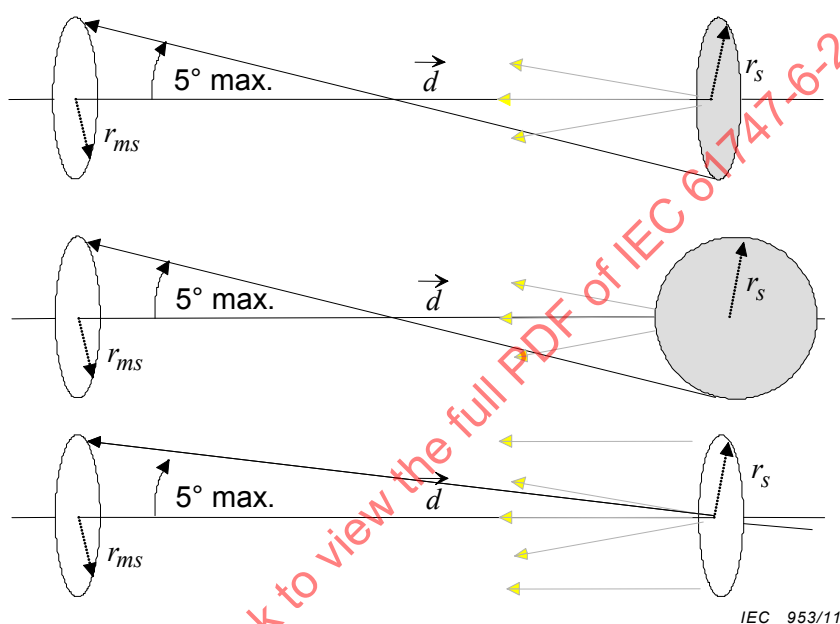


**Figure 3 – Realization alternatives for directional illumination**

### 3.4.3 Ring-light illumination

A ring-light illumination can be realized by application of :

- a ring-shaped fluorescent lamp (Figure 4a),
- fiber-optical ring-light,
- integrating sphere with a ring-shaped aperture (annulus) (Figure 4b),
- others.

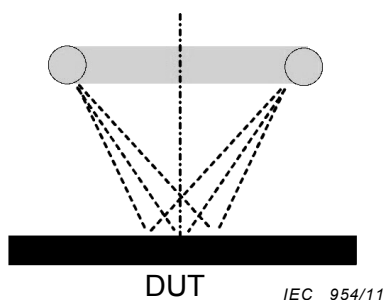


Figure 4a – Ring-shaped fluorescent lamp

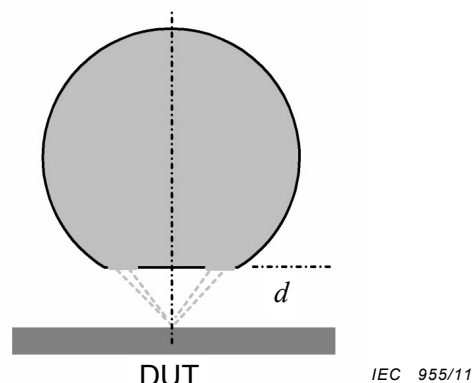


Figure 4b – Integrating sphere with annulus

NOTE Ring-light illumination is not intended to provide a diffuse illumination. It provides a directed illumination with rotatory symmetry around the normal of the display in the measurement spot.

Figure 4 – Examples of ring-light illumination

### 3.4.4 Conical illumination

Conical illumination can be realized with three different geometries:

- The exit port of an integrating sphere at some distance to the measuring spot produces a conical illumination with constant intensity from all directions of light incidence (Figure 5b).
- A hemispherical dome (reflective or transmissive section of a sphere) produces conical illumination (up to angles of inclination of e.g. 80 °) usually with variations of the illuminance versus direction of light incidence (Figure 5a).
- A flat Lambertian luminance source parallel to the DUT-surface produces an illumination of the measuring spot that drops with  $\cos^4 \theta$  ( $\theta$  is the angle of inclination of the direction of light incidence).

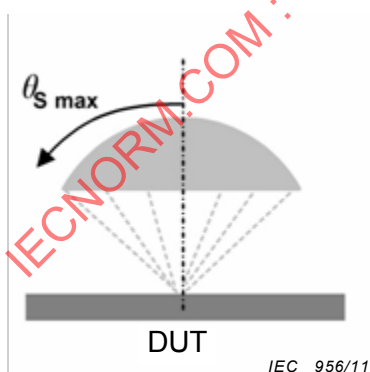


Figure 5a – Spherical dome

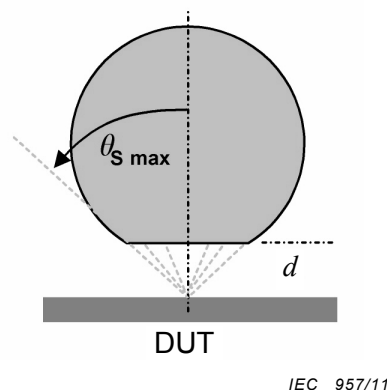


Figure 5b – Integrating sphere with large aperture

Figure 5 – Examples of conical illumination with a spherical dome (Figure 5a) and an integrating sphere with large aperture (Figure 5b)

### 3.4.5 Hemispherical illumination

Good approximation of ideal hemispherical illumination (i.e. constant illuminance from all directions up to 90 °) can only be provided by integrating spheres with a small exit port diameter compared to the diameter of the sphere. The exit port must be directly adjacent to

the surface of the DUT in order to assure good hemispherical illumination (up to inclination angles of  $90^\circ$ ) (Figure 6a).

Other approximations of hemispherical illumination may be realized by:

- diffusing hemispheres with diffuse reflective coatings (Figure 6b),
- transmissive diffusing spheres and domes.

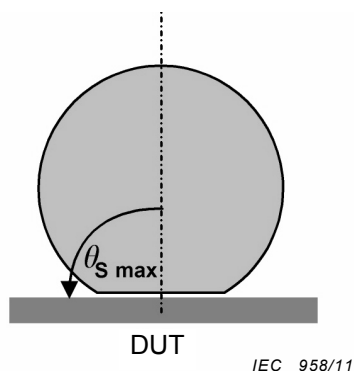


Figure 6a – Integrating sphere

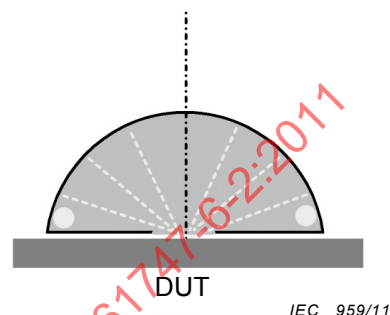


Figure 6b – Diffuse hemisphere

Figure 6 – Examples of hemispherical illumination

## 4 Standard measurement equipment and set-up

### 4.1 Light measuring devices (LMD)

The light measuring devices used for evaluation of the reflectance of reflective 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.

### 4.2 Positioning and alignment

The LMD has to be positioned with respect to the measurement field on the DUT in order 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  $5^\circ$ . 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. [9].

### 4.3 Standard measurement arrangements

#### 4.3.1 General

The following standard measuring geometries are introduced:

- directional illumination,
- ring-light illumination,
- conical illumination,
- hemispherical illumination.

These geometries are frequently used, and extensive model calculations have been published concerning the reproducibility and repeatability of measurements done using these geometries [15].

#### 4.3.2 Directional illumination

This is a light-source with a small diameter (compared to the distance to the measurement field) aligned to form an angle  $\theta_S$  with respect to the surface-normal of the DUT. This light source illuminates the DUT to form a directional illumination for the measurement field. The LMD is in the plane of light incidence, aligned at an angle  $\theta_R$  with respect to the surface normal of the DUT. The measurement field on the DUT is defined by the area element that is imaged on the detector of the LMD.

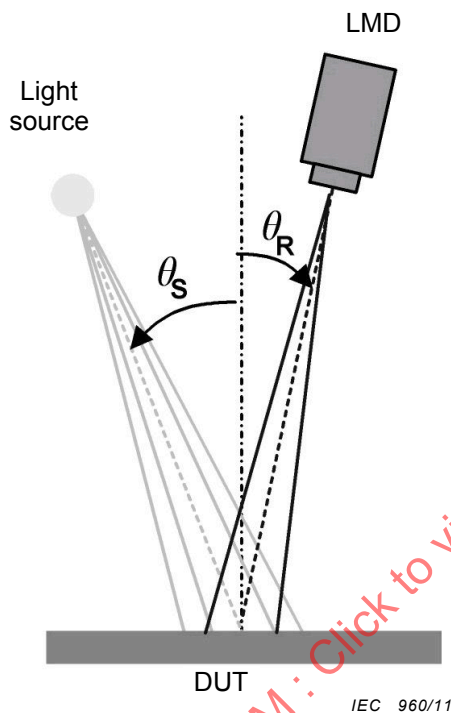


Figure 7a – Directional illumination – Side view

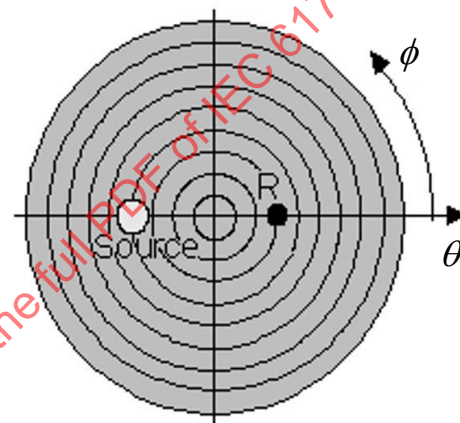


Figure 7b – Directional illumination – Top view

**Figure 7 – Side-view of the measuring set-up using directional illumination**

The light-source as well as the LMD in this set-up can be adjusted to a range of angles of inclinations, but the LMD shall remain in the plane of light-incidence (i.e.  $\phi_S = \phi_R + 180^\circ$ ). Alignment accuracy to within  $0,2^\circ$  is required to achieve good reproducibility [15], [17].

This configuration is shown in Figure 7a, with its representation in a polar coordinate system (Figure 7b) for, in this example, an angle of LMD-inclination,  $\theta_R = 30^\circ$  and angle of source inclination,  $\theta_S = 40^\circ$ .

NOTE Standard conditions of  $\theta_S = 0^\circ$  and  $\theta_R = 30^\circ$  are recommended. Alignment accuracy to within  $\pm 0,4^\circ$  is recommended to assure measurement error within  $\pm 5\%$  [16].

### 4.3.3 Ring-light illumination

A ring-shaped light-source centered about the surface normal of the DUT illuminates the DUT from an angle of inclination  $\theta_S \pm \Delta$  for all azimuthal angles  $\phi_S = 0^\circ - 360^\circ$ . The LMD is aligned to form an angle  $\theta_R < \theta_S$  with respect to the surface normal of the DUT. Figure 8 shows a side-view of the measuring set-up (Figure 8a) and its representation in a polar coordinate system (Figure 8b) for, in this example, an angle of LMD-inclination,  $\theta_R = 0^\circ$  and a subtense of the source,  $\theta_S \pm \Delta = 35^\circ \pm 5^\circ$ . The measurement field on the DUT is defined by the area element that is imaged on the detector of the LMD.

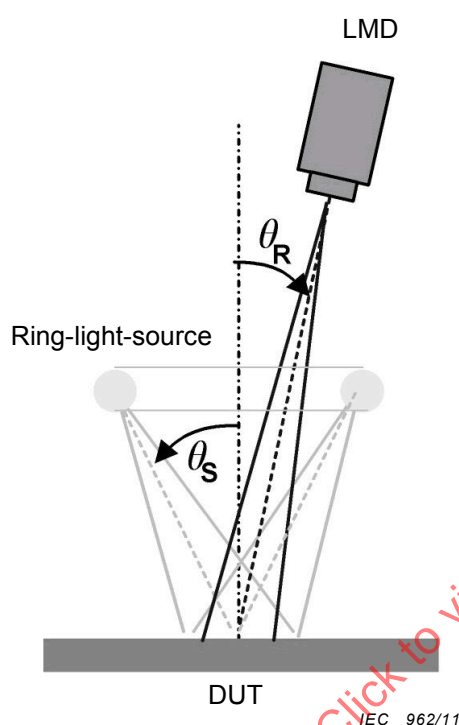


Figure 8a – Ring illumination – Side view

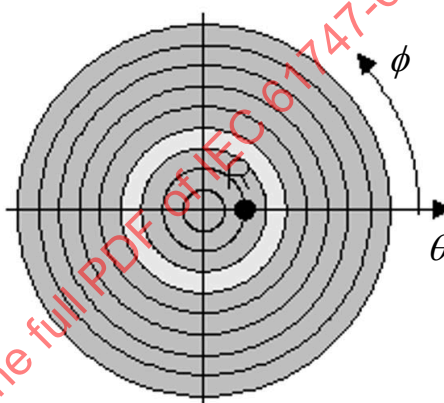


Figure 8b – Ring illumination – Top view

### Figure 8 – Side-view of the ring-light illumination measuring set-up

The measuring spot on the DUT as "seen" by the LMD shall be enclosed and centered in the illuminated area on the DUT and it shall be illuminated in a uniform way. The width of the ring light shall be specified. The source and detector shall be aligned to the defined geometry to within  $\pm 3^\circ$  [15], [17].

This set-up is used with the source fixed and the LMD can remain adjustable within the limits of the opening of the illuminating ring of light.

NOTE Standard conditions of  $\theta_R = 0^\circ$  and a subtense of the source of  $\theta_S \pm \Delta = (20 \pm 3)^\circ$  are recommended. Alignment accuracy to within  $\pm 0,7^\circ$  is recommended to assure measurement error within  $\pm 5\%$  [16].

### 4.3.4 Conical illumination

A light-source centred about the surface normal of the DUT illuminates the DUT from a range of inclination angles  $\theta_S$  ( $0^\circ < \theta_S < \theta_{S-\max}$ ) for all azimuthal angles  $\phi_S = 0^\circ - 360^\circ$ . The LMD is aligned to form an angle  $\theta_R$  with respect to the surface normal of the DUT. Figure 9 shows a side-view of the measuring set-up (left) and its representation in a polar coordinate system (Figure 9b) for, in this example, an angle of LMD-inclination,  $\theta_R = 50^\circ$  and a subtense of the

source,  $2 \times \theta_{S\text{-max}} = 120^\circ$ . The measurement field on the DUT is defined by the area element that is imaged on the detector of the LMD.

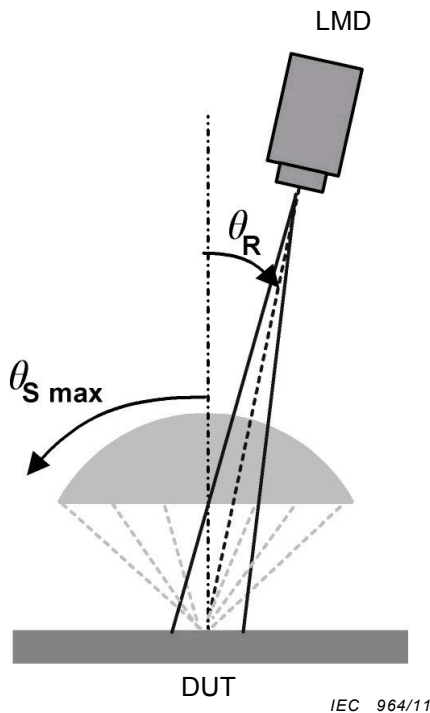


Figure 9a – Conical illumination – Side view

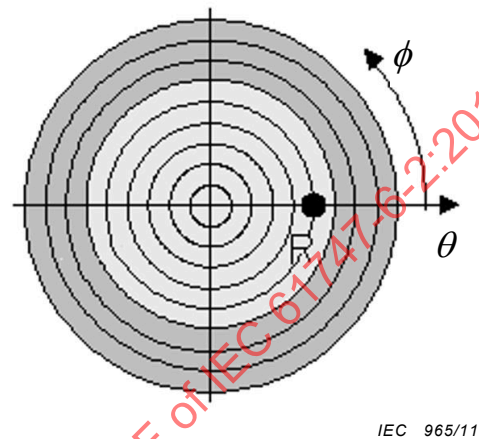


Figure 9b – Conical illumination – Top view

**Figure 9 – Side-view of the conical illumination measuring set-up**

The distance of the source from the DUT shall be accurate within 5 mm and the direction of the illuminating device shall be aligned within  $4^\circ$ . The LMD shall be aligned within  $0,5^\circ$ . Means shall be provided for the LMD to look on the DUT through the illuminating device (e.g. slit, aperture). The actual realization shall be specified in detail [15], [17].

NOTE 1 Standard conditions of  $\theta_R = 0^\circ$  and a subtense of the source,  $2 \times \theta_{S\text{-max}} = 90^\circ$  are recommended. Alignment accuracy of  $\theta_{S\text{-max}}$  within  $\pm 1,5^\circ$  is recommended to assure measurement error within  $\pm 5\%$  [16]

NOTE 2 When the display has a haze component, caution should be used to ensure proper angle and geometry to assure reproducibility and accuracy of the measurement.

#### 4.3.5 Hemispherical illumination

A light-source centred about the surface normal of the DUT illuminates the DUT from a range of inclination angles  $0^\circ \leq \theta_S \leq 90^\circ$  for all azimuthal angles  $\phi_S = 0^\circ - 360^\circ$ . The LMD is aligned to form an angle  $\theta_R < \theta_S$  with respect to the surface normal of the DUT.

Figure 10a shows a side-view of the measuring set-up and its representation in a polar coordinate system (Figure 10b) for, in this example, an angle of LMD-inclination,  $\theta_R = 40^\circ$  and a subtense of the source,  $2 \times \theta_{S\text{-max}} = 140^\circ$ . The measurement field on the DUT is defined by the area element that is imaged on the detector of the LMD.

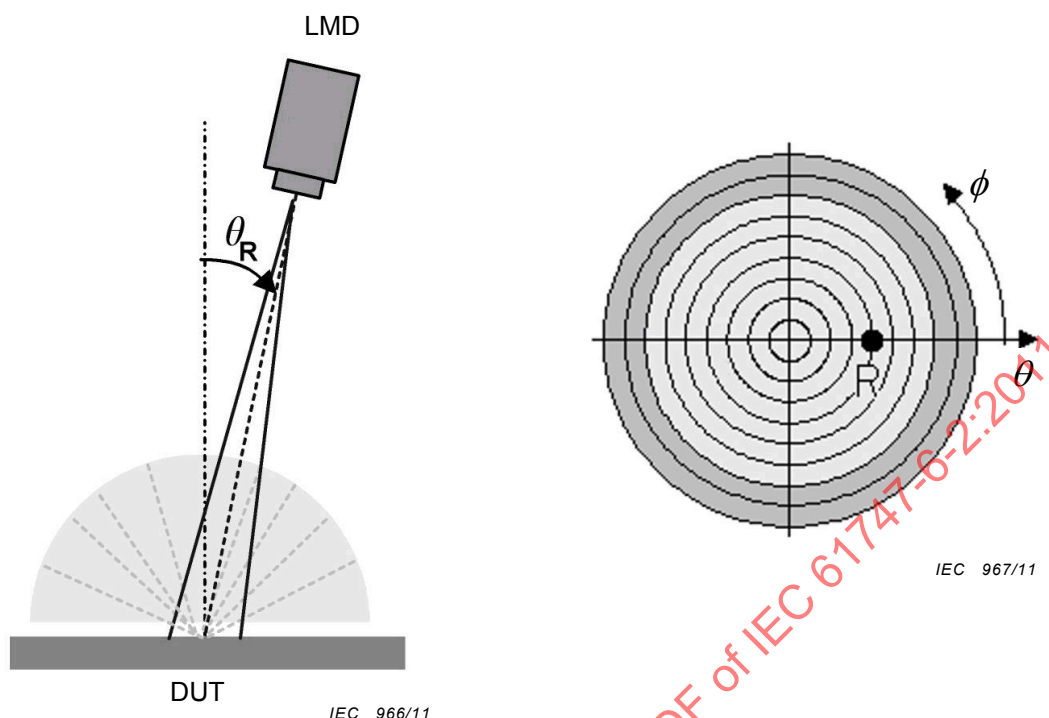


Figure 10 a – Hemispherical illumination – Side view Figure 10b – Hemispherical illumination – Top view

### Figure 10 – Side-view of the hemispherical illumination measuring set-up

Means shall be provided for the LMD to look on the DUT through the illuminating device (e.g. slit, aperture). Alignment accuracy for repeatable measurements shall be better than  $\pm 5^\circ$  [15], [17].

NOTE Standard conditions of  $\theta_R = 0^\circ$  and a subtense of the source,  $2 \times \theta_{S-\max} = 180^\circ$  are recommended. Alignment accuracy of  $\theta_{S-\max}$  within  $-6^\circ$  to  $0^\circ$  is recommended to assure measurement error within  $\pm 5\%$  [17].

#### 4.3.6 Other illumination conditions

The standard arrangements for carrying out the measurements as listed above are included as examples. Other combinations may also be used, as long as the arrangement is specified in detail to assure proper reproducibility (see below).

#### 4.4 Standard specification of measurement conditions

##### 4.4.1 Illumination conditions

The characteristics of illumination can be characterized in the following terms and quantities:

- an integral intensity (e.g. luminance) and spectrum or tri-stimulus-values  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  versus direction of light incidence and versus position on the sample (lateral variations),
- temporal characteristics (short and long-term variations) of an integral intensity (e.g. luminance).

The differential illuminance  $dE$  of the measuring spot from the direction  $(\theta, \phi)$  is a function of the luminance  $L(\theta, \phi)$  of the light source, the differential solid angle  $d\Omega(\theta)$  and the direction of light incidence as seen from the perspective of the measuring spot and described by the polar angles  $\theta, \phi$  as follows:

$$dE(\theta, \phi) = L(\theta, \phi) \cos \theta d\Omega(\theta) \quad (3)$$

This is illustrated by the graph in Figure 12, showing the normalized illuminance at the location of the measuring spot as a function of the angle of inclination  $\theta$  (for a specific azimuth angle  $\phi$ , Figure 12a) and as a function of the azimuth angle  $\phi$  (for a specific angle of inclination  $\theta$ , Figure 12b) for the hemispherical geometry with gloss-trap shown in Figure 11 ( $\theta_{\max} = 70^\circ$ ).

Whenever illumination at the location of the measuring spot on the DUT shall be characterized by spectral distributions as a function of the direction of light-incidence, irradiance has to be used instead of illuminance.

All light sources and illumination devices used for the measurements according to this standard shall provide an illumination that is perceived as "white" by a human observer.

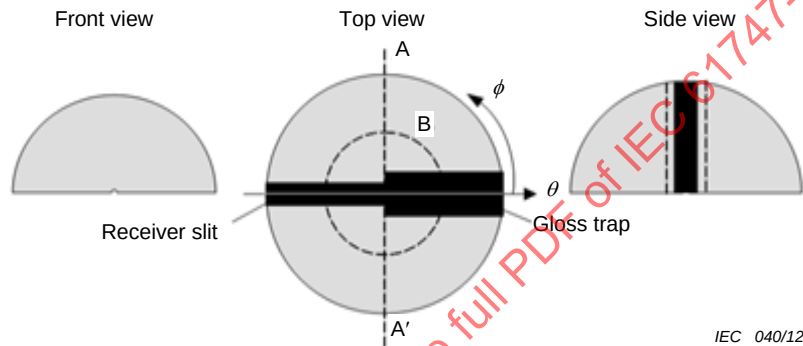


**Figure 11 – Hemispherical illumination with gloss-trap (GT) opposite to receiver inclination**

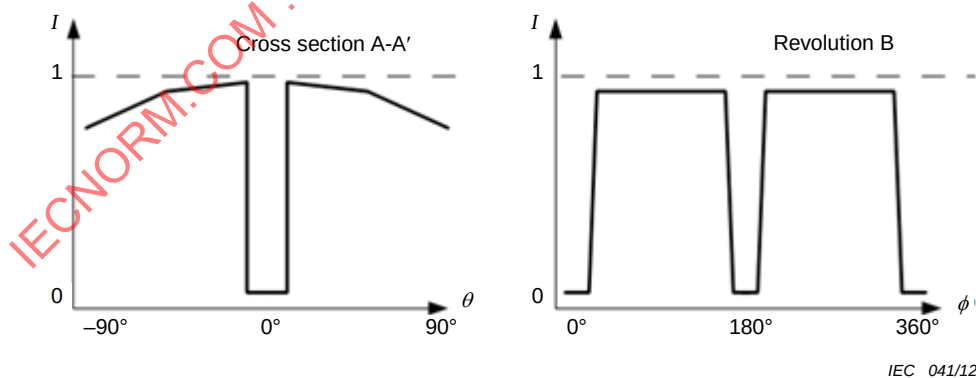


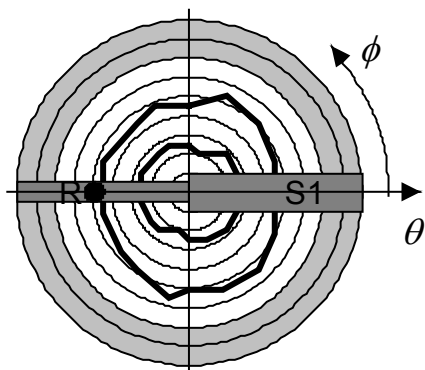
**Figure 12a – Measured luminance as function of  $\theta$**

**Figure 12b – Measured luminance as function of  $\phi$**

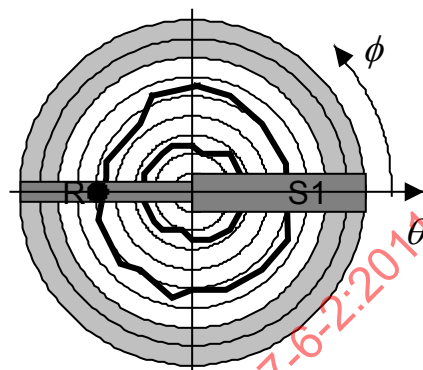
**Figure 12 – Normalized illuminance at the location of the measuring spot**

Since the spectrum of illumination cannot be graphically represented as a function of the direction of light incidence, chromaticity differences such as  $\Delta u'$ ,  $\Delta v'$  (with respect to the chromaticity of the light in a reference direction, e.g. normal) are chosen instead (see Figure 13: Lines of equal chromaticity differences  $\Delta u'$  (Figure 13a) and  $\Delta v'$  (Figure 13b) as a function of the direction of light incidence  $\theta$ ,  $\phi$  with reference to the normal direction

illustrated for the hemispherical illumination with gloss-trap shown in Figure 11). The ideal illumination would not exhibit any chromaticity variations with direction of light incidence and thus the chromaticity differences would be zero for all directions.



IEC 971/11

Figure 13a – Chromaticity difference  $\Delta u'$ 

IEC 972/11

Figure 13b – Chromaticity difference  $\Delta v'$ Figure 13 – Lines of equal chromaticity differences  $\Delta u'$   $\Delta v'$ 

The temporal variations of the light sources used for generating well-defined illumination conditions shall be measured and reported on a short-time scale (e.g. several thousands of samples with ms resolution) and on a long-time scale (several thousand samples with a resolution in the range of seconds). For characterization of temporal fluctuations and variations it is sufficient to measure and evaluate photometric quantities (e.g. luminance, illuminance, etc.), spectra are not required. When spectral fluctuations occur (e.g. in discharge lamps) this is usually noticed by fluctuations of photometric quantities as well.

#### 4.4.2 LMD conditions

From the distance of the LMD to the measurement field and the aperture of the LMD (acceptance area) the angular aperture of the LMD has to be evaluated and specified (see Figure A.2).

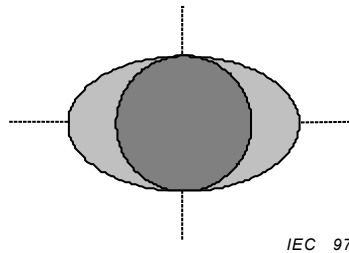
When measuring matrix displays the LMD should be set to a circular or rectangular field of view that includes more than 500 pixels<sup>2</sup> on the display under normal observation (the standard measurement direction). The total acceptance angle of detection by the LMD,  $\theta_{\text{accept}}$  shall be less than 2°. This can, for example, 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 pupil 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.

Before each measurement, the LMD shall be calibrated by measuring the reflectance of a WWS (Working White Standard), at the same position that will be taken later by the DUT.

2 Note that the official definition of pixel is used, which may or may not include a multitude of constituent dots.

#### 4.4.3 Unwanted effects of receiver inclination

When the measuring set-up comprises an adjustable LMD for measurement and evaluation of variations with viewing-direction, it has to be taken into account that the receiver of 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) becomes elliptical when the receiver is inclined away from the normal direction, as shown in Figure 14. The short axis of the ellipse (here: vertical) remains constant with the plane of inclination being the plane perpendicular to the paper surface, intersecting with the paper surface along the long axis of the ellipse (here: horizontal).



IEC 973/11

**Figure 14 – Shape of measuring spot on DUT for two angles of receiver inclination**

Two effects have to be considered when the receiver 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.

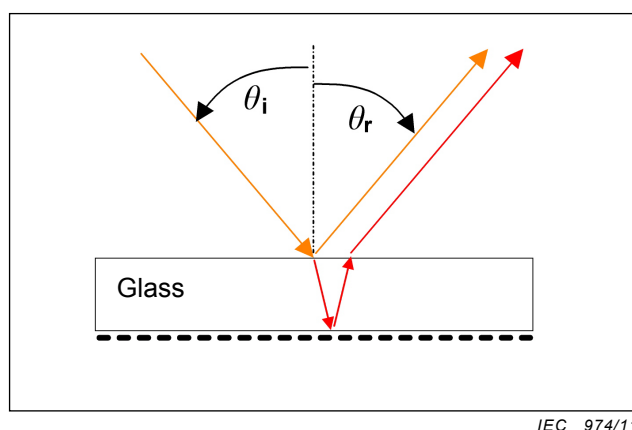
Both size and location of the measurement field have to be selected that these conditions are fulfilled and they have to be specified accordingly.

#### 4.4.4 Control and suppression of front-surface reflections

Whenever there is a light-source at the specular angle of the LMD, reflections from the front-surface of the DUT are superimposed to the reflection components that are modulated by the display device. These front surface reflections are in the range of some percent of the incident light flux and they can severely reduce the contrast of a reflective display [12], [13].

Depending on various factors, such front-surface reflections may be included in the measurement (for reproduction of real application situations) or they may be suppressed and excluded (for approximation of ideal application situations).

It has to be specified if front-surface reflections are included in the measurement and if they are not included, it has to be specified in detail how they have been excluded in order to make the measurement reproducible.



IEC 974/11

**Figure 15 – Reflections from the first surface of a transparent medium (glass substrate, polarizer, etc.) superimposed to the reflection component that is modulated by the display device**

## 4.5 Working standards and references

### 4.5.1 Diffuse reflectance standard

Diffuse (white) reflectance standard samples can be obtained with diffuse reflectance of 98 % or more. They are also available in different shades of gray. Some materials can be carefully sanded (some require water with the sanding) or cleaned to refresh the surface back up to its maximum reflectance should the surface become soiled or contaminated. Such reflectance standards can be used for making illuminance from a luminance measurement of the standard ( $E = \pi L_{\text{std}} / \beta_{\text{std}}$ ) only for the measurement geometry used to determine its luminance factor  $\beta_{\text{std}}$  —the geometry used to calibrate the standard. If the reflectance (or diffuse reflectance) is associated with the standard — as the number of 98 % or 99 % usually refers to the reflectance — then that value can only be used for a uniform hemispherical illumination. If an isolated source at some angle is used, there is no reason to expect that the 99 % value is even close to the proper value of the luminance factor for that geometrical configuration.

### 4.5.2 Specular reflectance standard

Black glass (e.g., BG-1000) or a very high neutral density absorption filter (density of 4 or larger) can be used to measure the luminance of a source provided that the specular reflection properties are properly calibrated. Such a reflector acts much like a front surface mirror that has a low specular reflectance of usually between 4 % and 5 %. These can be helpful when you can only see the source using a mirror, or when you want to measure the luminance at the same order of magnitude of a reflection measurement rather than measuring the source directly. Note that how you clean the surface and the specular angle that is used will affect the value of the specular reflectance, so it must be calibrated for each configuration to obtain valid results [16].

## 4.6 Standard locations of measurement field

### 4.6.1 Matrix displays

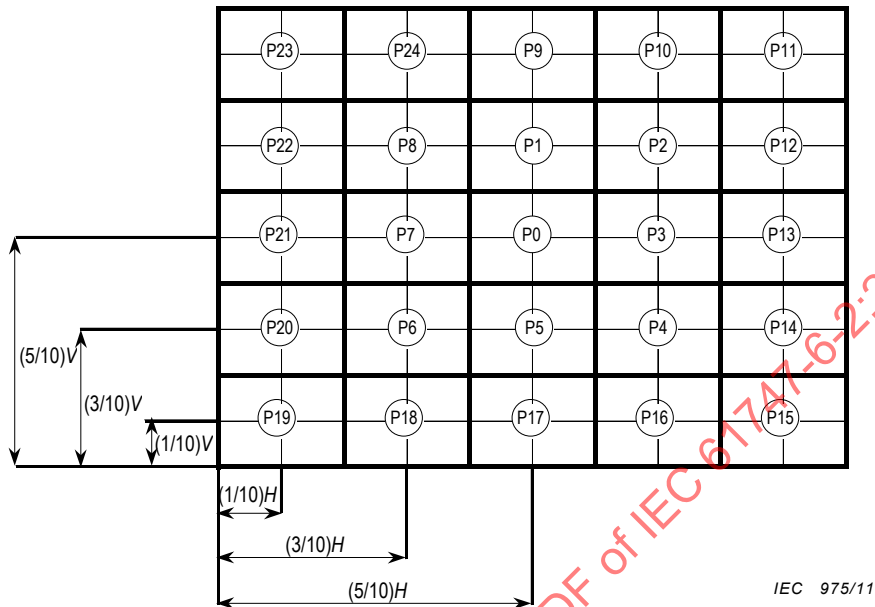


**Figure 16 – Standard measurement positions at the centres of all rectangles p0-p24 – Height and width of each rectangle is 20 % of display height and width respectively**

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 16. 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 length 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 polar angles shall stay fixed.

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

### 4.6.2 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.

## **4.7 Standard DUT operating conditions**

### **4.7.1 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.

All light sources used for illumination of the DUT during the measurement shall be constant in illuminance and spectrum at least over the time-period of measurements that are related to each other in the evaluation (e.g. bright and dark state of a display for contrast evaluation). The luminance or 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-modulations, etc.). This should be realized by an equilibration period of 5 min to 10 min. Constant and correct temperature of the DUT shall be verified.

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 1 h. If the control period is less than 1 h, stable temperature shall be verified. 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.

### **4.7.2 Standard ambient conditions**

#### **4.7.2.1 Standard measuring environmental conditions**

Measurements shall be carried out, after sufficient warm-up time for illumination sources and devices under test (see below), 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 report.

Warm-up time is defined as the time required to obtain a luminance stability of  $\pm 5\%$  variation per hour of operation.

#### **4.7.2.2 Standard illumination conditions**

Reflective LCD modules do not have built-in light sources. The light source, the relative position between the light source and the device under test (DUT), and the relative position between the DUT and the measurement equipment are restricted. Four different types may be used as the standard measuring illumination systems. The optical systems are schematically shown in Figure 7, Figure 8, Figure 9 and Figure 10.

Each system is positioned in a dark measuring room. The illuminance of the DUT not originating from the light source is less than 1 lx, and the illuminance by the light source is more than 300 lx. When measuring matrix displays the measurement field should be set to a circular or rectangular field of view that includes more than 500 pixels on the display under normal incidence (the standard measurement direction). If the field of view is less than 500 pixels, its condition shall be specified in the detail specification. The measuring result of LCD modules is affected by the illumination and geometrical conditions. This standard poses restrictions on the measurement conditions. The conditions following from these restrictions shall be specified in the detail specification.

## **4.8 Standard measuring process**

The standard measuring process comprises the following basic steps:

- a) Preparation of the measurement equipment and set-up, of the device-under-test 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 report and the actually used values shall be specified in the report.
- b) While assuring the usual care required in an optical metrology laboratory, the sample reflectance 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, the reflectance of the applicable reference standard(s) shall be measured in terms of luminance, spectral radiance distribution or tri-stimulus values under the specified illumination conditions which shall be identical to those used for the measurements of the DUT.
- d) 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. reflected luminance, chromaticity of reflected light, etc.). The way in which calculations are made shall be according to established rules (e.g. as given in [18]) and it shall be specified in the measurement report.
- e) If the arrangements of light-source(s), DUT and light measurement device used for the measurements are different from the ones described in 4.3, the really used arrangement shall be specified in detail in the measurement report. A detailed drawing and photos of the arrangement are useful to complete such a specification.

## 5 Standard measurements and evaluations

### 5.1 Reflectance – Photometric

#### 5.1.1 Purpose

This method is applied to the measurements of reflectance and its lateral uniformity (i.e. in the active area) of LCDs.

#### 5.1.2 Measuring equipment

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

#### 5.1.3 Measuring method

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

- a) Select one of the standard measuring systems.
- b) Place the WWS at the position where the DUT will be placed for subsequent measurement and measure  $R_w'(\lambda)$ .
- c) Place the DUT at the correct measuring position.
- d) Supply the signals to the device so that the contrast ratio is maximised to the full WHITE conditions. Then measure the DUT at position  $p_0$  (the centre of the active area of the display) to obtain tristimulus values;  $X_{on}$ ,  $Y_{on}$ ,  $Z_{on}$ .
- e) Supply the signals to the device to the full BLACK conditions. Then measure the reflectance  $R_0$  at position  $p_0$  to obtain tristimulus values;  $X_{off}$ ,  $Y_{off}$ ,  $Z_{off}$ .
- f) Determine reflectance of the full WHITE;  $R_{on}$  as  $Y_{on}$ , and reflectance of the full BLACK;  $R_{off}$  as  $Y_{off}$ .

NOTE In some cases, the DUT may display a black image in the “on” state, and a white image in the “off” state. In this case, the terminology  $R_{on}$ ,  $X_{on}$ ,  $Y_{on}$ ,  $Z_{on}$  will apply to the BLACK state, and  $R_{off}$ ,  $X_{off}$ ,  $Y_{off}$ ,  $Z_{off}$  will apply to the WHITE state.

## 5.1.4 Definitions and evaluations

### 5.1.4.1 Spectrophotometric colorimetry

The spectrophotometry method measures the spectral reflectance factor 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 15.2 (Colorimetry) (1986), colorimetry, 2<sup>nd</sup> ed. 1, 2, 3. The spectral reflectance factor;  $R(\lambda)$  of the DUT is determined by comparing the DUT to the calibrated WWS. The example gives the measurement procedure for single beam instruments, but dual beam instruments can also be used. The measuring process is as follows:

- Measure WWS, and read a value of  $R_w'(\lambda)$ .
- Replace the WWS by the DUT and read a value of  $R'(\lambda)$ .
- Determine the spectral reflectance factor;  $R(\lambda)$  of the DUT according to the next formula:

$$R(\lambda) = R_w(\lambda) \frac{R'(\lambda)}{R_w'(\lambda)} \quad (4)$$

where

$R(\lambda)$  is the spectral reflectance factor of the DUT;

$R'(\lambda)$  is a value of each wavelength of the DUT;

$R_w'(\lambda)$  is a value of each wavelength of WWS;

$R_w(\lambda)$  is the spectral reflectance factor of WWS calibrated by the same geometry as the spectrophotometer used for measuring.

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

$$X = K \sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{x}(\lambda) R(\lambda) \Delta\lambda \quad (5)$$

$$Y = K \sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) R(\lambda) \Delta\lambda \quad (6)$$

$$Z = K \sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{z}(\lambda) R(\lambda) \Delta\lambda \quad (7)$$

$$K = \frac{100}{\sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda} \quad (8)$$

where

$S(\lambda)$  is the spectral intensity distribution of the standard illuminant;

$x(\lambda)$ ,  $y(\lambda)$ ,  $z(\lambda)$  is the colour matching function for CIE 1931 standard observer;

$R(\lambda)$  is the spectral reflectance factor of the DUT;

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

Note that for tristimulus values calculation, the suitable weight factor;  $S(\lambda)$  from ISO 11664-2:2007, Colorimetry – Part 2: CIE standard illuminants, shall be used according to the illuminant, observer and wavelength interval. If not specified, illuminant D65 shall be used.

#### 5.1.4.2 Photoelectric tristimulus colorimetry

The filter photometer method obtains tristimulus values in CIE XYZ-colour space, using a photometer which measures reflected light.

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 11664-2:2007, Colorimetry – Part 2: CIE standard illuminants.

For minimizing a error, the measuring system should be calibrated by WWS provided in 4.5 before measuring the DUT. The measuring process is as follows:

- a) Measure WWS to obtain tristimulus;  $X_c$ ,  $Y_c$ ,  $Z_c$ , then determine correctional factors;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ .

$$\alpha = X_s / X_c$$

$$\beta = Y_s / Y_c$$

$$\gamma = Z_s / Z_c$$

where  $X_s$ ,  $Y_s$  and  $Z_s$  are tristimulus values of the WWS calibrated by the same type of photometer as the one used for measuring.

- b) Measure the DUT to obtain tristimulus values;  $X_m$ ,  $Y_m$ ,  $Z_m$ , then calculate tristimulus values;  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  corrected by correctional factors

$$X = \alpha X_m$$

$$Y = \beta Y_m$$

$$Z = \gamma Z_m$$

## 5.2 Contrast ratio

### 5.2.1 Purpose

Determination of the contrast ratio of the DUT.

### 5.2.2 Measuring equipment

An LMD, a driving power supply or driving signal generator for liquid crystal display devices and, if required, a temperature control device for the DUT are used for these measurements. For lateral uniformity measurements, a dual axis positioning device may also be required.

### 5.2.3 Measurement method

Select one of the standard measuring systems and set the DUT. Supply the signals to the device such that the DUT will operate within the design driving conditions. Then measure the DUT at position  $p_0$  (the centre of the active area of the display) in the WHITE mode (100 % input data-signal or video level) to obtain  $Y_{on}$  of tristimulus values. In the same way, measure the DUT at position  $p_0$  (the centre of the active area of the display) in the BLACK mode (0 % input data-signal or video level) to obtain  $Y_{off}$  of tristimulus values.

## 5.2.4 Definitions and evaluations

### 5.2.4.1

#### contrast ratio

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

$$CR = \frac{Y_{on}}{Y_{off}} \quad \text{or} \quad CR = \frac{Y_{off}}{Y_{on}} \quad (9)$$

NOTE If the measurement is carried out using hemispherical illumination, the result may be noted as  $CR_{diff}$ ; if directional illumination is used, the measurement result may be noted as  $CR_{dir}$ .

### 5.2.4.2

#### maximum contrast ratio

the maximum contrast ratio is defined as the maximum value  $CR$  can assume, within the design driving conditions and at any viewing direction

## 5.3 Peak viewing direction / viewing angle range

### 5.3.1 Purpose / definition

Determination of the angles  $(\theta, \phi)$  at which maximum contrast is obtained (the peak viewing direction) and the viewing angle range (range of angles in both horizontal and vertical direction) at which the device shows contrast ratio larger than a limiting value  $CR_{va}$  (e.g.  $CR_{va} = 2, 3, 4, 5$ , or  $10$ ). The design viewing direction is the preferred viewing direction as specified by the manufacturer (see blank detail specification).

### 5.3.2 Measuring equipment

An LMD (luminance meter or colorimeter), 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.

### 5.3.3 Viewing angle

#### 5.3.3.1 Measuring method

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

Select one of the standard measuring systems and set the DUT. Determine the position of light source and LMD.

Determine the range of measurement to be used for determination of the viewing angle range. Care should be taken that the correct relation between light source and LMD is maintained.

Measure reflectance of the “on” state ( $R_{on}, \theta, \phi$ ) and “off” state ( $R_{off}, \theta, \phi$ ) in the normal direction as well as on all coordinates  $\theta, \phi$  selected, according to 5.1.3.

#### 5.3.3.2 Definitions and evaluations

If required, calculate the contrast ratio from the measured reflectances for each measurement position, according to 5.2.4.1. Determine the range (either horizontal or vertical or both) where the parameter under evaluation (reflectance, contrast ratio) exceeds the chosen limiting value  $x$ . The threshold angle is noted as  $\theta(\phi, [x])$ .

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

- Horizontal viewing angle range (reflectance =  $x\%$ ):  $VAR\_H[R:x] = \theta(0,[x]) + \theta(180,[x])$
- Vertical viewing angle range (reflectance =  $x\%$ ):  $VAR\_V[R:x] = \theta(90,[x]) + \theta(270,[x])$
- Horizontal viewing angle range (contrast ratio =  $CR$ ):  $VAR\_H[CR:CR] = \theta(0,[x]) + \theta(180,[x])$
- Vertical viewing angle range (contrast ratio =  $CR$ ):  $VAR\_V[CR:CR] = \theta(90,[x]) + \theta(270,[x])$ .

Example:

- The horizontal viewing angle range of reflectance of 10 % is presented by  $VAR\_H[R: 10]$
- The vertical viewing angle range of reflectance of 10 % is presented by  $VAR\_V[R: 10]$
- 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  $VAR\_V[CR: 3]$ .

### 5.3.3.3 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 (reflectance, contrast ratio);
- reflectance and contrast ratio reference values.

### 5.3.4 Viewing angle range without gray-level inversion

#### 5.3.4.1 Measuring 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-scales, equally distributed between the “black” and “white” field level, where  $N$  is larger or equal to 8.

In each standard measuring condition, fix the light source position and incline the photometer to the 12 o'clock direction  $\theta_{12,i}$  of the DUT, 6 o'clock direction  $\theta_{6,i}$ , 3 o'clock direction  $\theta_{3,i}$ , and 9 o'clock direction  $\theta_{9,i}$ . Measure reflectance respectively according to 5.1.3. Then, determine for each of the four directions  $d$  ( $d = 12, 6, 3,$  and  $9$ ), the angular value  $\theta_{d,n}$  where there is no difference in reflectance between grey-scale level  $i$  and  $i + 1$  ( $i = 0$  to  $N-1$ ).

#### 5.3.4.2 Definitions and evaluations

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

- horizontal viewing angle without grey-level inversion:

$$\theta_{GSI,H} = \theta_{3,n} + \theta_{9,n}$$

- vertical viewing angle without grey-level inversion:

$$\theta_{GSI,V} = \theta_{6,n} + \theta_{12,n}$$

#### 5.3.4.3 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 (reflectance, contrast ratio);

- colour primary measured.

### 5.3.5 Specular reflectance from the active area surface

#### 5.3.5.1 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 specular 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.

#### 5.3.5.2 Instrumentation

Light source with adjustable aperture ( $1^\circ$  and  $15^\circ$ ), an LMD and positioning mechanism are required.

#### 5.3.5.3 Measuring 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  $15^\circ$  with respect to the DUT surface normal as shown in Figure 17.

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.  $5 \text{ kcd/m}^2$  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 C 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  $1^\circ$  source aperture and  $1^\circ$  in the case of the  $15^\circ$  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.

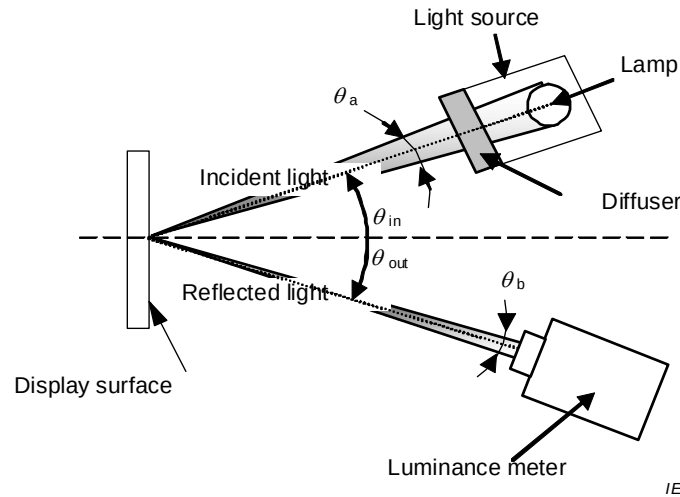


**Figure 17 – Example of standard set-up for specular reflection measurements**

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

$$\theta_{\text{out}} = \theta_{\text{in}} \quad (10)$$

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,  $1^\circ$  and  $15^\circ$ .

#### 5.3.5.4 Definitions and evaluation

The specular reflection factor from the centre position  $R [i=0]$  is given by Equations (11) and (12):

$$R_1 [0] = \frac{L_R [0]}{L_{01}} \quad (\theta_a = 1^\circ) \quad (11)$$

$$R_{15} [0] = \frac{L_R [0]}{L_{15}} \quad (\theta_a = 15^\circ) \quad (12)$$

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

#### 5.3.5.5 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 ( $\theta_{in}$ ) and the reflected light for the luminance meter ( $\theta_{out}$ );
- aperture angles of the light source ( $\theta_a$ ) and the luminance meter;
- type of light source (spectrum and luminance);
- driving-state of the display device.

NOTE Special care should be used when  $1^\circ$  source geometry is used due to a higher probability of error.

## 5.4 Chromaticity

### 5.4.1 Purpose

This method is applied to the measurements of chromaticity for the liquid crystal display devices. This measurement is useful for matrix-type displays only.

### 5.4.2 Measuring equipment

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

### 5.4.3 Measuring method

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;  $X_{on}$ ,  $Y_{on}$ ,  $Z_{on}$ .

- a) Place the WWS at the position where the DUT will be placed for subsequent measurement and measure  $X_{wws}$ ,  $Y_{wws}$ ,  $Z_{wws}$ . Use the measurement data for calibration of the LMD, or for subsequent correction of the measured data.
- b) Position the DUT at position  $p_0$  (the centre of the active area of the display) and 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 to obtain tristimulus values;  $X_{on}$ ,  $Y_{on}$ ,  $Z_{on}$ .
- c) Place the DUT and supply the signals to the device to the full BLACK conditions. Then measure the position  $p_0$  to obtain tristimulus values;  $X_{off}$ ,  $Y_{off}$ ,  $Z_{off}$ .
- d) Supply the signals of any intermediate (grey) states, if required. Then for  $n$  intermediate states measure the position  $p_0$  to obtain tristimulus values  $X_{g1} \dots X_{gn}$ ,  $Y_{g1} \dots Y_{gn}$ ,  $Z_{g1} \dots Z_{gn}$ .
- e) 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;  $X_R$ ,  $Y_R$ ,  $Z_R$ .
- f) 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.

### 5.4.4 Definitions and evaluations

#### 5.4.4.1 Chromaticity

The chromaticity coordinates of the full WHITE;  $x_{on}$ ,  $y_{on}$ , the chromaticity coordinates of the full BLACK;  $x_{off}$ ,  $y_{off}$ , and the chromaticity coordinates of the intermediate states ( $x_{gn}$ ,  $y_{gn}$ ) are defined in Equations (13), (14) and (15):

$$x_{on} = \frac{X_{on}}{X_{on} + Y_{on} + Z_{on}}, \quad y_{on} = \frac{Y_{on}}{X_{on} + Y_{on} + Z_{on}} \quad (13)$$

$$x_{off} = \frac{X_{off}}{X_{off} + Y_{off} + Z_{off}}, \quad y_{off} = \frac{Y_{off}}{X_{off} + Y_{off} + Z_{off}} \quad (14)$$

$$x_{gn} = \frac{X_{gn}}{X_{gn} + Y_{gn} + Z_{gn}}, \quad y_{gn} = \frac{Y_{gn}}{X_{gn} + Y_{gn} + Z_{gn}} \quad (15)$$

#### 5.4.4.2 Chromaticity of primaries

Chromaticity coordinates of the primary full-signal are noted as;  $Rx_{on}$ ,  $Ry_{on}$ ,  $Gx_{on}$ ,  $Gy_{on}$ ,  $Bx_{on}$ ,  $By_{on}$  for red, green and blue respectively, and calculated according to Equations (16), (17) and (18):

$$Rx_{on} = \frac{X_{on}}{X_{on} + Y_{on} + Z_{on}}, \quad Ry_{on} = \frac{Y_{on}}{X_{on} + Y_{on} + Z_{on}} \quad (16)$$

$$Gx_{on} = \frac{X_{on}}{X_{on} + Y_{on} + Z_{on}}, \quad Gy_{on} = \frac{Y_{on}}{X_{on} + Y_{on} + Z_{on}} \quad (17)$$

$$Bx_{on} = \frac{X_{on}}{X_{on} + Y_{on} + Z_{on}}, \quad By_{on} = \frac{Y_{on}}{X_{on} + Y_{on} + Z_{on}} \quad (18)$$

#### 5.4.4.3 Chromaticity vs. viewing-direction

Chromaticity versus viewing direction can be evaluated using the same method as is used in viewing angle range measurement. Instead of reflectance and contrast ratio, chromaticity can be used as a parameter for determining the range where chromaticity lies within certain boundaries.

#### 5.4.4.4 Reproduction of colour

The chromaticity coordinates of the *primaries*  $R$  ( $x_R$ ,  $y_R$ ),  $G$  ( $x_G$ ,  $y_G$ ) and  $B$  ( $x_B$ ,  $y_B$ ) are defined by Equations (19), (20) and (21):

$$x_R = \frac{X_R}{X_R + Y_R + Z_R}, \quad y_R = \frac{Y_R}{X_R + Y_R + Z_R} \quad (19)$$

$$x_G = \frac{X_G}{X_G + Y_G + Z_G}, \quad y_G = \frac{Y_G}{X_G + Y_G + Z_G} \quad (20)$$

$$x_B = \frac{X_B}{X_B + Y_B + Z_B}, \quad y_B = \frac{Y_B}{X_B + Y_B + Z_B} \quad (21)$$

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.

#### 5.4.5 Specified conditions

The 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);
- measuring points;
- grey-level per measured colour primary.

### 5.5 Electro-optical transfer function – Photometric

#### 5.5.1 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).

#### 5.5.2 Set-up

The DUT shall be placed in the measurement arrangement (to be selected from the available standard arrangements) 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 4.7.2) 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 4.7.2) before the measurement process is started.

#### 5.5.3 Procedure

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 granted in order to allow the DUT to settle to a stable state of optical response. After this, 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.

The measurement procedure can be formally described as follows:

- a) Apply driving signal.
- b) Wait for optical response to settle to a stable state.
- c) Perform measurement of luminance, spectral radiance distribution or tri-stimulus values.
- d) Go to step a) above.

The immediate result of the measurement procedure is an array of **luminance values**  $L_i$  (DUT) obtained from the light measurement device (i.e. obtained directly, for the spectral radiance distribution or from the tri-stimulus values) as a function of the electrical driving condition (analog or digital input).

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

After completion of all DUT measurements the DUT is replaced by a reference standard (here: diffuse reflectance standard) with all conditions of geometry and illumination kept unchanged and constant. Then the luminance reflected from the calibrated diffuse reflectance standard is measured.

#### 5.5.4 Evaluation and representation

The reflectance factor  $R$  (CIE 17.4) used for characterization of the reflectance of the DUT at each state of electrical driving ( $ED-i$ ) is obtained according to Equation (22):

$$R(ED-i) = R(\text{std}) \times L_i(\text{DUT}) / L(\text{std}) \quad (22)$$

The result is an array of reflectance values  $R(ED-i)$  as a function of the state of electrical driving for one specific illumination arrangement and for one specific orientation of the light measurement device.

These values can be listed or graphically represented in a diagram with e.g. cartesian coordinates.

From the array of reflectance values obtained as a function of the electrical state of driving, a variety of integral characteristics can be evaluated according to the respective requirements, e.g. the exponent  $\gamma$  ( $L = \text{input} \exp(\gamma)$ ).

### 5.6 Electro-optical transfer function – Colorimetric

#### 5.6.1 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).

#### 5.6.2 Set-up

The DUT shall be placed in the measurement arrangement (to be selected from the available Standard Arrangements) 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 4.7.2) 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 4.7.2) before the measurement process is started.

#### 5.6.3 Procedure

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 state of optical response. After this, 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:

- a) Apply driving signal.
- b) Wait for optical response to settle to a stable state.
- c) Perform measurement of spectral radiance distribution or tri-stimulus values.
- d) Go to step a) above.

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

| Spectral radiance distribution | Stimulus values |       |       | Electrical driving |
|--------------------------------|-----------------|-------|-------|--------------------|
| $S(\lambda) i$                 | $X i$           | $Y i$ | $Z i$ | $ED i$             |
| $i = 0 \dots n$                |                 |       |       |                    |

After completion of all DUT measurements the DUT is replaced by a reference standard (here: diffuse reflectance standard) with all conditions of geometry and illumination kept unchanged and constant. Then the light reflected from the calibrated diffuse reflectance standard is measured.

#### 5.6.4 Evaluation and representation

The spectral reflectance factors  $R_\lambda$  (in analogy to CIE 17.4) used for characterization of the chromaticity of reflectance of the DUT at each state of electrical driving ( $ED-i$ ) are obtained by Equation (23):

$$R_\lambda (ED-i) = R_\lambda (\text{std}) \times L_{\lambda-i} (\text{DUT}) / L_\lambda (\text{std}) \quad (23)$$

The result is an array of arrays of spectral reflectance factors  $R_\lambda (ED-i)$  as a function of the state of electrical driving for one specific illumination arrangement and for one specific orientation of the light measurement device.

The tri-stimulus reflectance factors  $R_X$ ,  $R_Y$  and  $R_Z$  (in analogy to CIE 17.4) used for characterization of the chromaticity of reflectance of the DUT at each state of electrical driving ( $ED-i$ ) are obtained by Equation (24):

$$R_{X/Y/Z}(ED-i) = R_{X/Y/Z}(\text{std}) \times L_{X/Y/Z-i} (\text{DUT}) / L_{X/Y/Z}(\text{std}) \quad (24)$$

The result is an array of arrays of three reflectance values  $R_{X/Y/Z}(ED-i)$  as a function of the state of electrical driving for one specific illumination arrangement and for one specific orientation of the light measurement device.

Both the spectral reflectance factors  $R_\lambda$  and the tri-stimulus reflectance factors  $R_X$ ,  $R_Y$  and  $R_Z$  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 as loci in various chromaticity diagrams of the CIE (CIE 1931, CIE 1976 UCS, etc.).

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

## 5.7 Lateral variations (photometric, colorimetric)

### 5.7.1 Purpose

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

### 5.7.2 Measuring 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 liquid crystal display devices and a positioning device capable of realizing the correct illumination geometry for all points on the DUT to be measured are used for these measurements.

### 5.7.3 Uniformity of reflectance

#### 5.7.3.1 Measuring method

Select one of the standard measuring systems and set the DUT.

First, maximize the contrast ratio  $CR$  (see 5.2).

Next, supply the input data signal leading to the fully reflecting state of the DUT (100 % input data signal or full white) signals to the device.

Finally, measure the tristimulus values;  $X_{on}(i)$ ,  $Y_{on}(i)$ ,  $Z_{on}(i)$ , at the specified positions in the active area. The measurement is carried out 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.

#### 5.7.3.2 Definitions and evaluations

Determine the average of reflectance of the full WHITE;  $R_{on(av)}$  according to Equation (25):

$$R_{on(av)} = \frac{1}{N} \sum Y_{on(i)} \quad (25)$$

where  $N$  is the data number and  $i$  is each point number.

The reflectance long-range non-uniformity ( $RNU$ ) is then calculated from the individual reflectance  $R_{on}(i)$  and the average reflectance  $R_{on(av)}$  according to Equation (26):

$$RNU_{on} = \max \left| \frac{R_{on(av)} - R_{on(i)}}{R_{on(av)}} \right| \quad (26)$$

where

$RNU_{on} = 0$  indicates a perfectly uniform display.

## 5.7.4 Uniformity of white

### 5.7.4.1 Measurement method

The chromaticity measurement is carried out 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.

### 5.7.4.2 Definitions and evaluations

The chromaticity corresponding to the measurement at position  $i$  is defined by the colour coordinates  $x_i$  and  $y_i$ , following Equations (27), (28) and (29):

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

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

$$x_{gn(i)} = \frac{X_{gn(i)}}{X_{gn(i)} + Y_{gn(i)} + Z_{gn(i)}}, \quad y_{gn(i)} = \frac{Y_{gn(i)}}{X_{gn(i)} + Y_{gn(i)} + Z_{gn(i)}} \quad (29)$$

Deviations from the chromaticity at position  $i$  from the chromaticity at the display centre are defined as colour differences as defined in CIE 1976 UCS system, according to Equations (30), (31) and (32).

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

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

$$\Delta u'_b = u'_{b(i)} - u'_{b(0)}, \quad \Delta v'_b = v'_{b(i)} - v'_{b(0)}, \quad \Delta u'v'_b = \sqrt{(\Delta u'_b)^2 + (\Delta v'_b)^2} \quad (32)$$

NOTE Calculation of  $u'$ ,  $v'$  can be found in (among others) [17].

## 5.7.5 Uniformity of chromaticity

### 5.7.5.1 Measuring 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 carried out 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.

### 5.7.5.2 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 in Equation (33):

$$x_{c(i)} = \frac{X_{c(i)}}{X_{c(i)} + Y_{c(i)} + Z_{c(i)}}, \quad y_{c(i)} = \frac{Y_{c(i)}}{X_{c(i)} + Y_{c(i)} + Z_{c(i)}} \quad (33)$$

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 (Equation 34):

$$\Delta u'_c = u'_{c(i)} - u'_{c(0)} \quad \Delta v'_c = v'_{c(i)} - v'_{c(0)} \quad \Delta u'v'_c = \sqrt{(\Delta u'_c)^2 + (\Delta v'_c)^2} \quad (34)$$

## 5.7.6 Uniformity of primary colours

### 5.7.6.1 Measuring 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, maximize 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 carried out 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.

### 5.7.6.2 Definitions and evaluations

The chromaticity corresponding to the measurement at position  $i$  is defined by the colour coordinates  $x_{r(i)}$ ,  $y_{r(i)}$ ,  $x_{g(i)}$ ,  $y_{g(i)}$ ,  $x_{b(i)}$ ,  $y_{b(i)}$  as in Equations (35), (36) and (37):

$$x_{r(i)} = \frac{X_{r(i)}}{X_{r(i)} + Y_{r(i)} + Z_{r(i)}}, \quad y_{r(i)} = \frac{Y_{r(i)}}{X_{r(i)} + Y_{r(i)} + Z_{r(i)}} \quad (35)$$

$$x_{g(i)} = \frac{X_{g(i)}}{X_{g(i)} + Y_{g(i)} + Z_{g(i)}}, \quad y_{g(i)} = \frac{Y_{g(i)}}{X_{g(i)} + Y_{g(i)} + Z_{g(i)}} \quad (36)$$

$$x_{b(i)} = \frac{X_{b(i)}}{X_{b(i)} + Y_{b(i)} + Z_{b(i)}}, \quad y_{b(i)} = \frac{Y_{b(i)}}{X_{b(i)} + Y_{b(i)} + Z_{b(i)}} \quad (37)$$

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 (Equations (38), (39) and (40)).

$$\Delta u'_r = u'_{r(i)} - u'_{r(0)} \quad \Delta v'_r = v'_{r(i)} - v'_{r(0)} \quad \Delta u'v'_r = \sqrt{(\Delta u'_r)^2 + (\Delta v'_r)^2} \quad (38)$$

$$\Delta u'_g = u'_{g(i)} - u'_{g(0)} \quad \Delta v'_g = v'_{g(i)} - v'_{g(0)} \quad \Delta u'v'_g = \sqrt{(\Delta u'_g)^2 + (\Delta v'_g)^2} \quad (39)$$

$$\Delta u'_b = u'_{b(i)} - u'_{b(0)} \quad \Delta v'_b = v'_{b(i)} - v'_{b(0)} \quad \Delta u'v'_b = \sqrt{(\Delta u'_b)^2 + (\Delta v'_b)^2} \quad (40)$$

## 5.7.7 Cross-talk

### 5.7.7.1 Greyscale matrix displays

#### 5.7.7.1.1 Measuring method

First, the DUT is driven with a video level (GREY), which gives a reflectance value as close as possible to 50 %. The reflectance is then measured at locations p9, p13, p17 and p21 under normal viewing direction ( $= 0^\circ$ ). The measured reflectance at location  $p_i$  is defined as  $R_{ref}[i]$ . Next, the video information within a rectangle defined by the centres of position p2, p4, p6 and p8 (i.e. width and height both 40 % of the display width and height) is changed to full black and the reflectance at locations p9, p13, p17 and p21 is re-measured and called  $R_{bl}[i]$ . Finally, the video information within the above-defined rectangle is changed to full white and the reflectance at the aforementioned positions is re-measured and called  $R_{wh}[i]$ .

#### 5.7.7.1.2 Definitions and evaluations

The horizontal white cross-talk  $HXT_{wh}$  is defined by Equation (41):

$$HXT_{wh}(\%) = 100 \times \max \left( \left| \frac{R_{wh}[21] - R_{ref}[21]}{R_{ref}[21]} \right| \vee \left| \frac{R_{wh}[13] - R_{ref}[13]}{R_{ref}[13]} \right| \right) [\%] \quad (41)$$

and the horizontal black cross-talk  $HXT_{bl}$  by Equation (42):

$$HXT_{bl}(\%) = 100 \times \max \left( \left| \frac{R_{bl}[21] - R_{ref}[21]}{R_{ref}[21]} \right| \vee \left| \frac{R_{bl}[13] - R_{ref}[13]}{R_{ref}[13]} \right| \right) [\%] \quad (42)$$

The (total) horizontal cross-talk  $HXT$  is now defined by Equation (43):

$$HXT = \max(HXT_{wh} \vee HXT_{bl}) \quad (43)$$

In the same manner, the vertical white cross-talk  $VXT_{wh}$  is defined by Equation (44):

$$VXT_{wh}(\%) = 100 \times \max \left( \left| \frac{R_{wh}[9] - R_{ref}[9]}{R_{ref}[9]} \right| \vee \left| \frac{R_{wh}[17] - R_{ref}[17]}{R_{ref}[17]} \right| \right) [\%] \quad (44)$$

the vertical black cross-talk  $VXT_{bl}$  is defined by Equation (45):

$$VXT_{bl}(\%) = 100 \times \max \left( \left| \frac{R_{bl}[9] - R_{ref}[9]}{R_{ref}[9]} \right| \vee \left| \frac{R_{bl}[17] - R_{ref}[17]}{R_{ref}[17]} \right| \right) [\%] \quad (45)$$

and the (total) vertical cross-talk  $VXT$  is defined by Equation (46):

$$VXT = \max(VXT_{bl} \vee VXT_{wh}) \quad (46)$$

### 5.7.7.2 Black and white (two-level) matrix displays

#### 5.7.7.2.1 Measuring method

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

First, the DUT is driven with the ON signal. The reflectance is then measured at locations p9, p13, p17 and p21 under normal viewing direction ( $= 0^\circ$ ). The measured reflectance at location  $p_i$  is defined as  $R_{ONref}[i]$ . Next, the drive level within a rectangle defined by the centres of position p2, p4, p6 and p8 (i.e. width and height both 40 % of the display width and height) is changed to the OFF signal and the reflectance at locations p9, p13, p17 and p21 is re-measured and called  $R_{OFF}[i]$ .

#### 5.7.7.2.2 Definitions and evaluations

The OFF-of-ON cross-talk  $XT_{OFF/ON}$  is defined as in Equation (47):

$$XT_{OFF/ON} (\%) = 100 \times \max \left( \left| \frac{R_{OFF}[i] - R_{ONref}[i]}{R_{ONref}[i]} \right| : i = 9, 13, 17, 21 \right) [\%] \quad (47)$$

Next, the DUT is driven with the OFF signal. The reflectance is then measured at locations p9, p13, p17 and p21 under normal viewing direction ( $= 0^\circ$ ). The measured reflectance at location  $p_i$  is defined as  $R_{OFFref}[i]$ . Next, the drive signal within a rectangle defined by the centres of position p2, p4, p6 and p8 (i.e. width and height both 40 % of the display width and height) is changed to ON signal and the reflectance at locations p9, p13, p17 and p21 is re-measured and called  $R_{ON}[i]$ .

The ON-of-OFF cross-talk  $XT_{ON/OFF}$  follows from Equation (48):

$$XT_{ON/OFF} (\%) = 100 \times \max \left( \left| \frac{R_{ON}[i] - R_{OFFref}[i]}{R_{OFFref}[i]} \right| : i = 9, 13, 17, 21 \right) [\%] \quad (48)$$

NOTE 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 must be explicitly specified in the results.

#### 5.7.7.3 Mura

For future study.

#### 5.7.7.4 Image sticking

For future study.

### 5.7.8 Specified conditions

The 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);
- measuring points.

## 5.8 Temporal variations

### 5.8.1 Response time

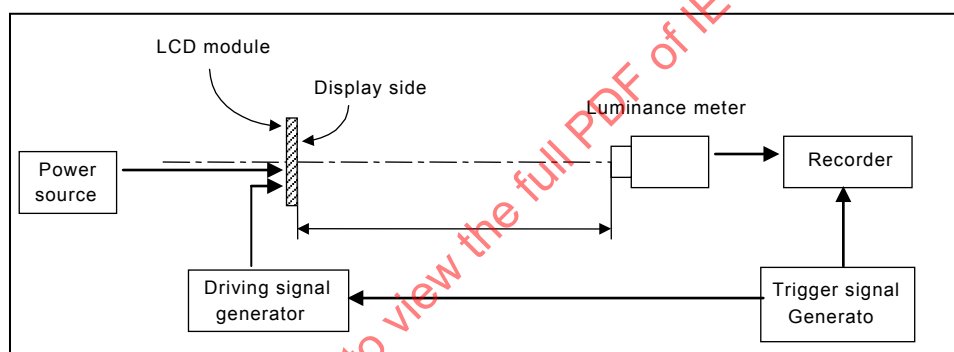
#### 5.8.1.1 Purpose

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 greyscale-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 display.<sup>3</sup>

#### 5.8.1.2 Measuring equipment

An LMD with sufficient frequency response, a power supply, a driving signal generator, a trigger signal generator and a recorder make the measuring equipment.



IEC 977/11

Figure 18 – Example of equipment for measurement of temporal variations

#### 5.8.1.3 Measuring method

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

- Select one of the standard measuring systems and set the DUT.
- Use the measurement circuit system as shown in
- Figure 18, and measure response times;  $t_{on}$ ,  $t_{off}$ ,  $t_r$ ,  $t_f$ , according to 5.1.

The electrical signal of the detector, which is positioned at the design-viewing direction at position  $p_0$  (see Figure 16), 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 0. If the trigger signal has another timing (e.g. at the beginning of the field), corrections shall be made to

<sup>3</sup> As a consequence ISO 13406-2 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).

allow for the scanning time  $t_s$  needed for video-signal inversion to arrive at position 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 reflectance 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  $f_{\text{FRM}}$  the frame frequency) the display has  $N_{\text{row}}$  rows with a vertical pixel-pitch of  $V_{\text{pitch}}$ , leading to a display height (i.e. display-dimension in the “scanning direction”) of  $H = N_{\text{row}} \cdot V_{\text{pitch}}$ , 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 Equation (49):

$$t \geq 5 T \frac{S}{H} \quad (49)$$

NOTE The same dimensional unit should be used for  $S$  and  $H$ .

#### 5.8.1.4 Definitions and evaluation

Thus, the times needed for the reflectance at position  $p_0$  to change from 0 %  $\rightarrow$  90 % ( $t_1$ ) and 100 %  $\rightarrow$  10 % ( $t_2$ ) are measured (see Figure 19). At the same position, the times needed for the reflectance to change from 10 %  $\rightarrow$  90 % ( $\tau_1$ ) and 90 %  $\rightarrow$  10 % ( $\tau_2$ ) are also measured. The turn-on and turn-off time  $t_{\text{on}}$  and  $t_{\text{off}}$  are next defined for the normally white (normally black) DUT according to Equations (50) and (51):

$$t_{\text{on}} = t_2 \quad (t1) \quad (50)$$

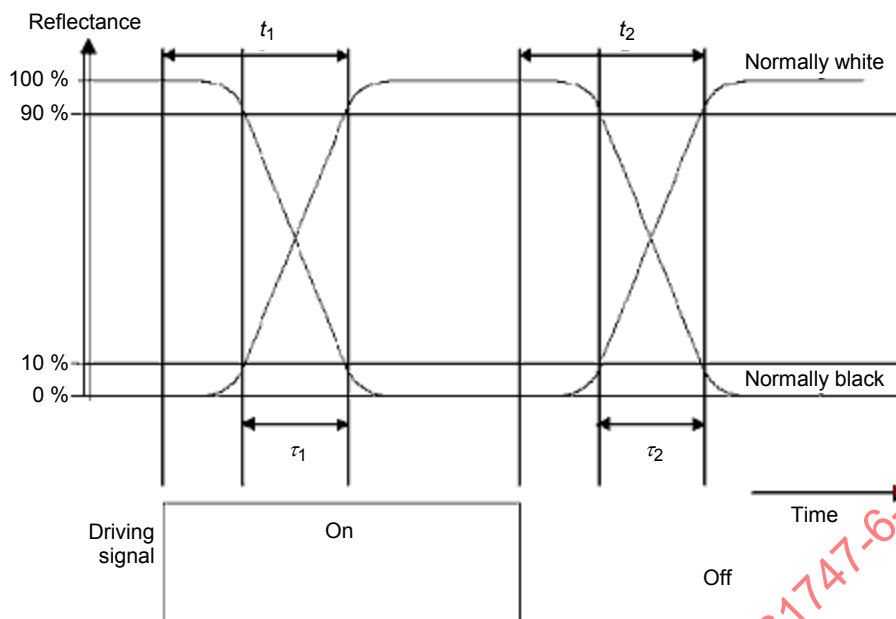
$$t_{\text{off}} = t_1 \quad (t2) \quad (51)$$

and the rise-time ( $t_r$ ) and fall time ( $t_f$ ) according to Equations (52) and (53):

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

$$t_f = \tau_1 \quad (\tau_2) \quad (53)$$

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*.



IEC 978/11

**Figure 19 – Relationship between driving signal and optical response times**

#### 5.8.1.5 Specified conditions

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

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

#### 5.8.2 Flicker / frame response (multiplexed displays)

##### 5.8.2.1 Purpose

This method is used for assessment of the temporal variation of display reflectance 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 brightness and colour of the light source as well as the direction at which it is observed. This perceptual side, is not discussed here; rather focus is made on determination of the temporal fluctuations. Only the frequency response of the human visual system is taken into account to determine this flicker. More relevant information about the technical and perceptive issues of display flicker can be found in [7].

##### 5.8.2.2 Measuring equipment

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

### 5.8.2.3 Measuring method

First, the contrast ratio is adjusted to the maximum value. Next, the reflectance is adjusted to 50 % of its maximum (by selecting the appropriate grey-level or video input signal). Thereafter, the reflectance at the centre of the active area or the segment of interest is measured by the luminance meter 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 20) 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 20.)

### 5.8.2.4 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  $P_{\max f}$ . The flicker level  $F$  is obtained according to Equation (54):

$$F = 10 \cdot \log \left( \frac{P_{\max f}}{P_0} \right) \quad [\text{dB}] \quad . \quad (54)$$

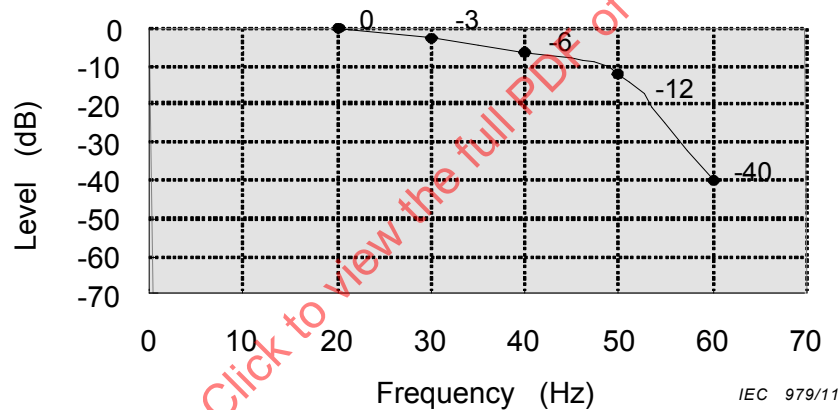


Figure 20 – Frequency characteristics of the integrator  
(response of human visual system)

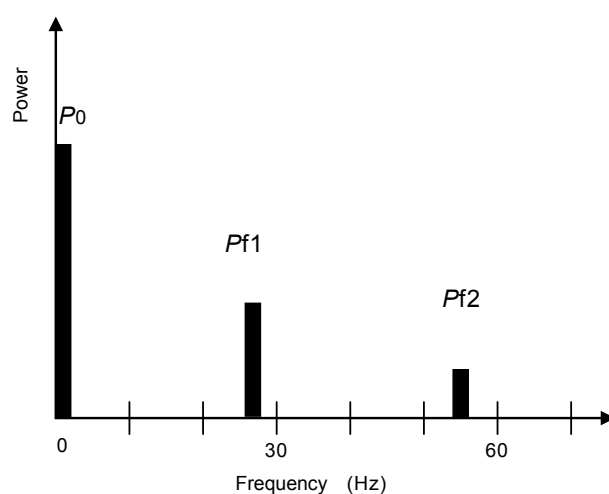


**Figure 21 – Example of power spectrum**

An FFT analyzer should be used for the evaluation.

### 5.8.3 Specified conditions

Records of the measurement shall be made in order to describe deviations from the standard measurement conditions (4) and shall include the following information:

- driving signals (waveforms, voltage and frequency);
- illumination source (standard illuminant A, C, D65 or equivalent non-peaked light source);
- the absolute value of the luminance at which the flicker measurement was performed (i.e. 50 % of the maximum value of the device).

## 5.9 Electrical characteristics

### 5.9.1 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.

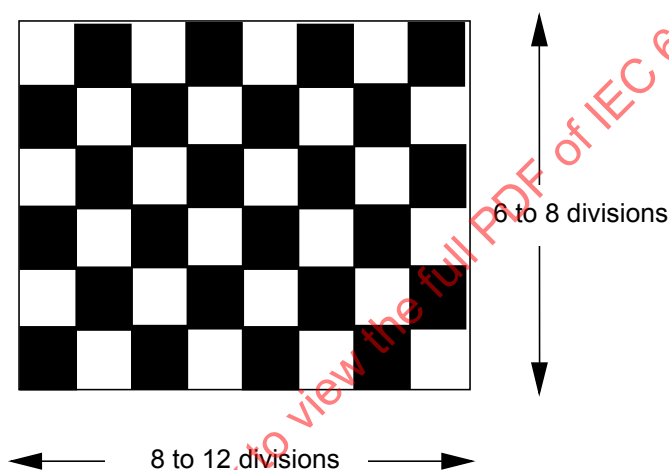
### 5.9.2 Measuring instruments

The power consumption and current is measured by using a driving power supply, DC voltage meter, DC current meter and a pattern generator.

### 5.9.3 Measuring method

#### 5.9.3.1 Matrix-type displays

##### 5.9.3.1.1 Standard power consumption measuring method



IEC 981/11

**Figure 22 – 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 blight and dark area is equally displayed as shown in Figure 22. The maximum contrast ratio is achieved in the pattern by optimizing display signals. The voltage supplied to the circuits in the display device is set to the nominal values specified in the detail specification.

Measure the currents of  $I_1$ ,  $I_2$  and  $I_3$  flowing in the following circuits shown in Figure 23.

#### 5.9.3.2 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.

## 5.9.4 Definitions and evaluations

### 5.9.4.1 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 reflectance.

When the standard checker flag pattern shown in Figure 22 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.

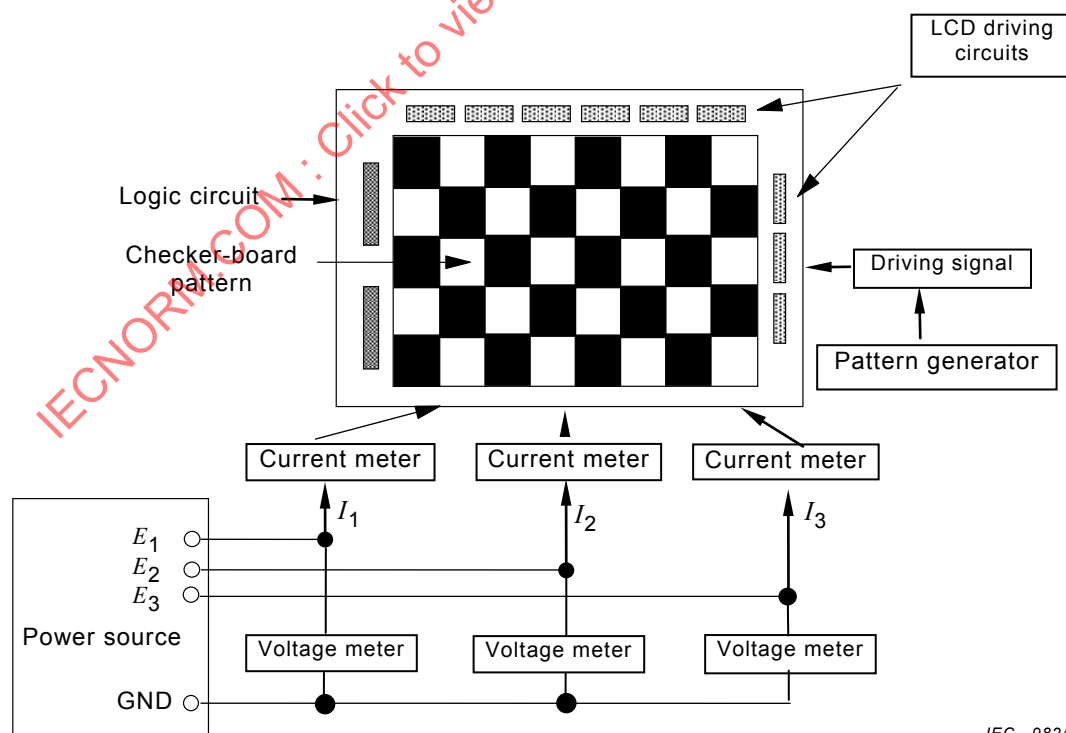
#### 5.9.4.2 Maximum power consumption

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.

#### 5.9.5 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).



IEC 982/11

**Figure 23 – Example of measuring block diagram for current and power consumption of a liquid crystal display device**

## **Annex A** (informative)

### **Standard measuring conditions**

#### **A.1 Equipment**

Luminance meter: devices for measuring luminance can be realized by

- spectro-radiometer with numerical  $V(\lambda)$  correction
- photometer with filter adaption to  $V(\lambda)$

Colorimeter: devices for measuring colour can be realized by:

- spectro-radiometer with numerical evaluation (spectrophotometer),
- 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 [20] (ISO 9241-7, Display requirements with reflections) and diffuse lighting condition in the dark room situation. In this standard, the guidelines for the visual display terminal are employed from NIOSH (National Institute of Safety and Health in U.S.A.) and Labor Ministry in Japan and the luminance of the surface of active area in the vertical direction is specified.

#### **A.3 Light measurement methods and equipment**

##### **A.3.1 Introduction of the BRDF and its measurement**

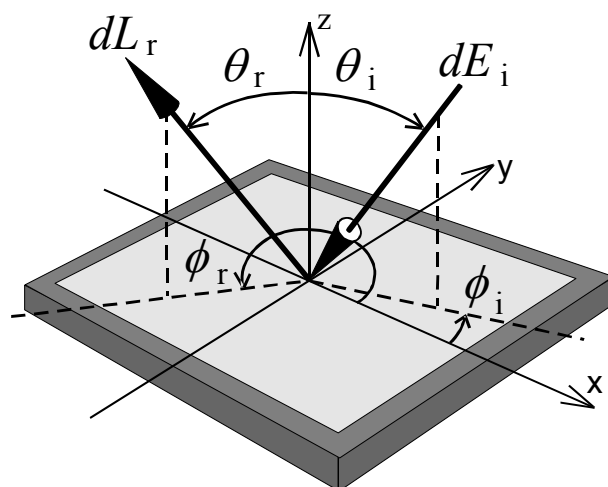
A powerful approach to characterization and evaluation of reflective displays is the measurement of the "bidirectional reflectance distribution function", the BRDF [1], [2]. Measurement of the BRDF as a function of all parameters however (i.e. direction of light incidence and observer, wavelength of light and state of polarization, state of electrical driving for contrast evaluation, etc.) may produce prohibitively large amounts of data.

The BRDF-method allows for both source and receiver to be movable, i.e. the direction of light incidence and the direction of the detector (observer) can be adjusted precisely over a wide range of directions (see Figure A.1). The geometries presented here do not explain and specify the BRDF method in detail, but this can be found in the literature [1], [2].

In this standard, two classes of arrangements for measuring the electro-optical properties of reflective LCDs are described:

- The receiver is aligned and fixed as specified, usually at normal viewing-direction (i.e.  $\theta = 0^\circ$ ) while the DUT is illuminated as specified. No variations of the electro-optical parameters with viewing-direction can be evaluated.
- The direction of the receiver is variable over an extended range of directions in order to make evaluation of the variations of the electro-optical parameters with viewing-direction possible.

The measurements are carried out under dark-room conditions (i.e. illuminance  $E$  at the location of the measuring spot on the DUT less than 1 lux) when all provided illumination devices are in the OFF-State.



IEC 983/11

$$dL_r(\theta_r, \phi_r) = B(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r; \lambda) dE_i(\theta_i, \phi_i)$$

NOTE Directions are described by two angles,  $\theta$  and  $\phi$  (inclination and azimuth) in a polar coordinate system as shown above.

**Figure A.1 – Coordinate system for measurement of the BRDF, index "i" for incident light, index "r" for reflected light**

### A.3.2 Apparatus for angular resolved reflection measurement

It is of vital importance for all measurements of light reflected from a sample to control the geometric conditions of the 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 must be stable and reproducible.

Measurement of the light reflected from reflective LCDs as a function of the direction of observation (i.e. viewing direction) can be carried out with two classes of instruments [9]:

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

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

### A.3.3 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 as follows:

- 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);
- colorimetric (according to the tristimulus values X, Y and Z according to CIE 1931);
- spectro-radiometric (providing spectrally resolved radiant energy data).

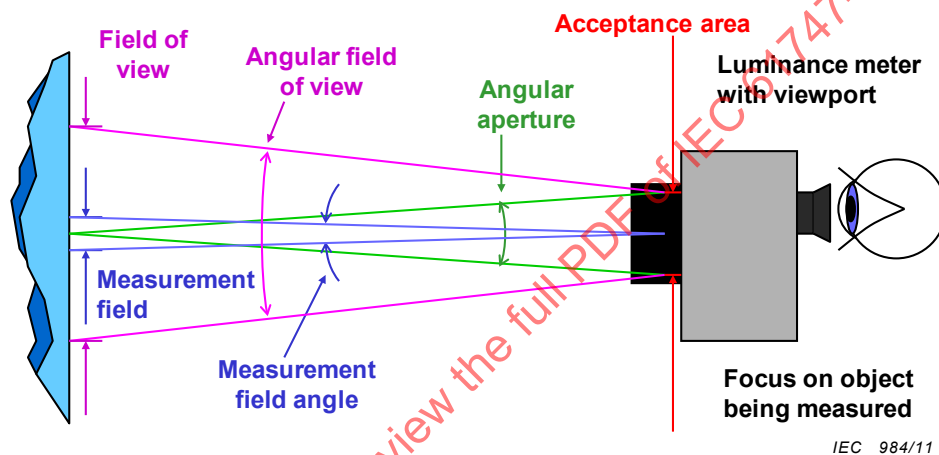


**Figure A.2 – Terminology for LMDs**

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 gives 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 form an image of the measurement field on the detector, there is also a class of LMDs that directly image the directional distribution of light emerging from the measurement field on the DUT. These devices are called "conoscopic LMDs" [9].

## **A.4 Measurement of variation of illuminance with angle**

### **A.4.1 General**

In this standard, illumination sources are described with directional as well as diffuse sources. Both types are subject to limits concerning the deviation from the “ideal” behaviour of the light source. This clause of this Annex A provides general information about possible ways to measure this deviation.

### **A.4.2 Measurement**

The starting point for the measurement is one of the pre-defined illumination geometries (directional, ring, conical or hemispherical illumination). The LMD in these configurations is expected to be able to scan in the inclination direction.

Measuring the light source is possible by mounting a (first surface) mirror in the place of the DUT. By scanning the LMD across the inclination range  $\theta$ , measurements are taken of the light source. For the directional illumination, the LMD can be scanned across the beam profile. If the aperture of the LMD is sufficiently small (i.e.  $\ll 5^\circ$ ). This will yield the fraction of luminous flux within the  $5^\circ$  limit. For diffuse illumination, the LMD will scan the luminous flux originating from the light source direction opposite the LMD. This creates a profile of the illuminance distribution with angle  $\theta$ . Assuming the azimuthal ( $\phi$ ) variation to be small in view of the symmetrical construction of the illumination systems, the inclination scan gives a good representation of light source variation with angle.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61747-6-2:2011

## Bibliography

- [1] E. F. Kelley, G. R. Jones, and T. A. Germer, *Display Reflectance Model Based on the BRDF*, Displays 19(1998), pp. 27-34
- [2] M. E. Becker, *Evaluation and Characterization of Display Reflectance*, DISPLAYS 19 (1998), p. 35
- [3] M. E. Becker, *Reflections on Measurement Methods*, Information Display 2, 2003, p. 14-18
- [4] M. E. Becker, *Measurement of Display Scattering*, Proceedings of the 22nd IDRC 2002, p. 803
- [5] M. E. Becker, *Standards and Metrology for Reflective LCDs*, SID 2002 Digest, p. 136
- [6] M. E. Becker, J. Laur, J. Neumeier, *Electro-optical Characterization of Reflective LCDs*, SID 2001 Digest, p. 322
- [7] M. E. Becker, *LCD Visual Performance Characterization and Evaluation*, 1999 SPIE Flat Panel Display Technology and Display Metrology Conference, San Jose
- [8] M. E. Becker, *Evaluation and Characterization of Display Reflectance*, SID 1997 Digest, p. 827
- [9] M. E. Becker, *Measuring LCD Optical Performance*, SID 1996, San Diego, Application Seminar A-4
- [10] M. E. Becker, *Viewing-cone Analysis of LCDs: a Comparison of Measuring Methods*, SID 1996, San Diego, p. 199
- [11] M. E. Becker, J. Neumeier, *Measuring LCD electro-optical performance*, SID 1992, Boston, Application Notes, p. 50
- [12] M. E. Becker, J. Neumeier, *How to measure and specify LCD optical performance*, SID 1992; Boston, How-to Seminars, p. 19
- [13] M. E. Becker, J. Neumeier, *Electro-Optical Properties of Reflective Positive-Contrast LCDs: How to Obtain Meaningful Measuring Results*, 11th International Display Research Conference 1991, Conference Proceedings, p. 195
- [14] M. E. Becker, J. Neumeier, *Measurement of electro-optical properties of LCDs*, SID 1990, Conference Proceedings, p. 163.
- [15] Edward F. Kelley, *Sensitivity of Display Reflection Measurements to Apparatus Geometry*, SID digest of technical papers 2002, pp140
- [16] *Vesa Flat Panel Display Measurements Standard*, Version 2.0
- [17] Y. Narutaki, E. Sakai, S. Shimizu, K. Tsuda, M. Uehara, T. Uehara, S. Katoh, Y. Yoda, *Considerations for error factors in four measurement systems determined in JEITA standard ED2523 (Measuring methods for matrix reflective LCD modules)*, IMID 2008, conference proceedings 41-3
- [18] Wyszecki & Stiles, *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae* 2nd Edition Gunter Wyszecki & W. S. Stiles 2001 ISBN / ISSN: 0-471-39918-3
- [19] IEC 61747-6, *Liquid crystal and solid-state display devices – Part 6: Measuring methods for liquid crystal modules – Transmissive type*
- [20] ISO 9241-7, *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 7: Requirements for display with reflections (withdrawn)*

- [21] ISO 13406-2: *Ergonomic requirements for work with visual display based on flat panels – Part 2: Ergonomic requirements for flat panel displays*
  - [22] IEC 60050(845):1987, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 845: Lighting* / CIE 17.4:1987, *International Lighting Vocabulary* (Joint IEC/CIE publication)
  - [23] IEC 61747-1, *Liquid crystal and solid-state display devices – Part 1: Generic specification*
  - [24] IEC 61747-5, *Liquid crystal and solid-state display devices – Part 5: Environmental, endurance and mechanical test methods*
- 

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61747-6-2:2011

## SOMMAIRE

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS.....                                                                             | 57 |
| INTRODUCTION.....                                                                             | 59 |
| 1 Domaine d'application.....                                                                  | 60 |
| 2 Références normatives .....                                                                 | 60 |
| 3 Eclairage et géométrie d'éclairage.....                                                     | 61 |
| 3.1 Commentaires généraux et remarques sur les mesures concernant les LCD<br>réflexibles..... | 61 |
| 3.2 Système de coordonnées de la direction de visualisation.....                              | 61 |
| 3.3 Géométries d'éclairage de base .....                                                      | 62 |
| 3.4 Réalisation des géométries d'éclairage.....                                               | 63 |
| 3.4.1 Généralités .....                                                                       | 63 |
| 3.4.2 Eclairage directionnel .....                                                            | 63 |
| 3.4.3 Eclairage par une source circulaire .....                                               | 64 |
| 3.4.4 Eclairage conique.....                                                                  | 64 |
| 3.4.5 Eclairage hémisphérique .....                                                           | 65 |
| 4 Equipements et montage de mesure normalisés .....                                           | 65 |
| 4.1 Dispositifs de mesure de la lumière (LMD) .....                                           | 65 |
| 4.2 Positionnement et alignement .....                                                        | 66 |
| 4.3 Montages de mesure normalisés .....                                                       | 66 |
| 4.3.1 Généralités .....                                                                       | 66 |
| 4.3.2 Eclairage directionnel .....                                                            | 66 |
| 4.3.3 Eclairage par une source circulaire .....                                               | 67 |
| 4.3.4 Eclairage conique.....                                                                  | 68 |
| 4.3.5 Eclairage hémisphérique .....                                                           | 69 |
| 4.3.6 Autres conditions d'éclairage .....                                                     | 70 |
| 4.4 Spécification normalisée des conditions de mesure .....                                   | 70 |
| 4.4.1 Conditions d'éclairage .....                                                            | 70 |
| 4.4.2 Conditions applicables aux LMD .....                                                    | 72 |
| 4.4.3 Effets indésirables de l'inclinaison du récepteur .....                                 | 73 |
| 4.4.4 Contrôle et suppression des réflexions de surface frontale.....                         | 73 |
| 4.5 Etalons de travail et références.....                                                     | 74 |
| 4.5.1 Etalon du facteur de réflexion diffuse.....                                             | 74 |
| 4.5.2 Etalon du facteur de réflexion spéculaire .....                                         | 74 |
| 4.6 Emplacements normalisés du champ de mesure .....                                          | 75 |
| 4.6.1 Afficheurs matriciels.....                                                              | 75 |
| 4.6.2 Afficheurs à segments.....                                                              | 75 |
| 4.7 Conditions normalisées de fonctionnement du DEE .....                                     | 76 |
| 4.7.1 Généralités .....                                                                       | 76 |
| 4.7.2 Conditions ambiantes normalisées .....                                                  | 76 |
| 4.8 Processus de mesure normalisé .....                                                       | 77 |
| 5 Méthodes normalisées de mesure et d'évaluation .....                                        | 77 |
| 5.1 Facteur de réflexion – Grandeurs photométriques .....                                     | 77 |
| 5.1.1 Objectif.....                                                                           | 77 |
| 5.1.2 Appareillage de mesure .....                                                            | 77 |
| 5.1.3 Méthode de mesure .....                                                                 | 77 |
| 5.1.4 Définitions et évaluations .....                                                        | 78 |

|       |                                                                                 |     |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.2   | Rapport de contraste .....                                                      | 79  |
| 5.2.1 | Objectif.....                                                                   | 79  |
| 5.2.2 | Appareillage de mesure .....                                                    | 79  |
| 5.2.3 | Méthode de mesure .....                                                         | 79  |
| 5.2.4 | Définitions et évaluations .....                                                | 80  |
| 5.3   | Direction de visualisation optimale / cône de lisibilité.....                   | 80  |
| 5.3.1 | Objectif /définition .....                                                      | 80  |
| 5.3.2 | Appareillage de mesure .....                                                    | 80  |
| 5.3.3 | Angle de visualisation .....                                                    | 80  |
| 5.3.4 | Cône de lisibilité sans inversion de l'échelle des gris .....                   | 81  |
| 5.3.5 | Facteur de réflexion spéculaire provenant de la surface de la zone active ..... | 82  |
| 5.4   | Chromaticité.....                                                               | 84  |
| 5.4.1 | Objectif.....                                                                   | 84  |
| 5.4.2 | Appareillage de mesure .....                                                    | 84  |
| 5.4.3 | Méthode de mesure .....                                                         | 84  |
| 5.4.4 | Définitions et évaluations .....                                                | 85  |
| 5.4.5 | Conditions spécifiées .....                                                     | 86  |
| 5.5   | Fonction de transfert électro-optique – Grandeurs photométriques.....           | 86  |
| 5.5.1 | Objectif.....                                                                   | 86  |
| 5.5.2 | Montage .....                                                                   | 86  |
| 5.5.3 | Procédure.....                                                                  | 87  |
| 5.5.4 | Evaluation et représentation.....                                               | 87  |
| 5.6   | Fonction de transfert électro-optique – Grandeurs colorimétriques.....          | 88  |
| 5.6.1 | Objectif.....                                                                   | 88  |
| 5.6.2 | Montage .....                                                                   | 88  |
| 5.6.3 | Procédure.....                                                                  | 88  |
| 5.6.4 | Evaluation et représentation.....                                               | 89  |
| 5.7   | Variations latérales (photométriques, colorimétriques).....                     | 89  |
| 5.7.1 | Objectif.....                                                                   | 89  |
| 5.7.2 | Appareillage de mesure .....                                                    | 89  |
| 5.7.3 | Uniformité du facteur de réflexion .....                                        | 89  |
| 5.7.4 | Uniformité du blanc .....                                                       | 90  |
| 5.7.5 | Uniformité de la chromaticité .....                                             | 91  |
| 5.7.6 | Uniformité des couleurs primaires .....                                         | 91  |
| 5.7.7 | Paradiaphotie .....                                                             | 92  |
| 5.7.8 | Conditions spécifiées .....                                                     | 94  |
| 5.8   | Variations temporelles .....                                                    | 94  |
| 5.8.1 | Temps de réponse .....                                                          | 94  |
| 5.8.2 | Papillotement / réponse de trame (afficheurs multiplexés).....                  | 97  |
| 5.8.3 | Conditions spécifiées .....                                                     | 98  |
| 5.9   | Caractéristiques électriques.....                                               | 99  |
| 5.9.1 | Objectif.....                                                                   | 99  |
| 5.9.2 | Appareillage de mesure .....                                                    | 99  |
| 5.9.3 | Méthode de mesure .....                                                         | 99  |
| 5.9.4 | Définitions et évaluations .....                                                | 99  |
| 5.9.5 | Conditions spécifiées .....                                                     | 100 |
|       | Annexe A (informative) Conditions de mesure normalisées .....                   | 102 |
|       | Bibliographie .....                                                             | 106 |

|                                                                                                                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure 1 – Représentation de la direction de visualisation (équivalente à la direction de mesure) par l'angle d'inclinaison, $\theta$ et l'angle de rotation (angle d'azimut), $\phi$ dans un système de coordonnées polaires ..... | 62  |
| Figure 2 – Eclairage directionnel au moyen d'un disque source plan .....                                                                                                                                                            | 63  |
| Figure 3 – Différentes réalisations d'un éclairage directionnel .....                                                                                                                                                               | 63  |
| Figure 4 – Exemples d'éclairage par une source circulaire .....                                                                                                                                                                     | 64  |
| Figure 5 – Exemples d'éclairage conique au moyen d'un dôme sphérique (a) et d'une sphère d'Ulbricht à grande ouverture (b).....                                                                                                     | 65  |
| Figure 6 – Exemples d'éclairage hémisphérique .....                                                                                                                                                                                 | 65  |
| Figure 7 – Vue latérale du montage de mesure utilisant l'éclairage directionnel .....                                                                                                                                               | 67  |
| Figure 8 – Vue latérale du montage de mesure utilisant l'éclairage par une source circulaire ..                                                                                                                                     | 68  |
| Figure 9 – Vue latérale du montage de mesure utilisant l'éclairage conique.....                                                                                                                                                     | 69  |
| Figure 10 – Vue latérale du montage de mesure utilisant l'éclairage hémisphérique.....                                                                                                                                              | 70  |
| Figure 11 – Eclairage hémisphérique avec piège à brillant (GT – <i>gloss-trap</i> ) du côté opposé à l'inclinaison du récepteur.....                                                                                                | 71  |
| Figure 12 – Eclairage normalisé à l'emplacement du point de mesure .....                                                                                                                                                            | 71  |
| Figure 13 – Lignes de différences de chromaticité égales $\Delta u' \Delta v'$ .....                                                                                                                                                | 72  |
| Figure 14 – Forme du point de mesure sur le DEE pour deux différents angles d'inclinaison du récepteur.....                                                                                                                         | 73  |
| Figure 15 – Réflections de la surface première d'un milieu translucide (substrat en verre, polariseur, etc.) superposé à la composante de réflexion modulée par le dispositif d'affichage ...                                       | 74  |
| Figure 16 – Positions de mesure normalisées aux centres de tous les rectangles p0-p24 – La hauteur et la largeur de chaque rectangle sont respectivement égales à 20 % de la hauteur et de la largeur de l'afficheur.....           | 75  |
| Figure 17 – Exemple de montage normalisé pour les mesures de réflexion spéculaire.....                                                                                                                                              | 83  |
| Figure 18 – Exemple d'équipement de mesure de variations temporelles .....                                                                                                                                                          | 95  |
| Figure 19 – Relation entre le signal d'excitation et les temps de réponse optique .....                                                                                                                                             | 96  |
| Figure 20 – Caractéristiques en fréquence de l'intégrateur (réponse de l'œil humain) .....                                                                                                                                          | 98  |
| Figure 21 – Exemple de spectre de puissance.....                                                                                                                                                                                    | 98  |
| Figure 22 – Mire de drapeau à damier pour les mesures de consommation de courant et de puissance .....                                                                                                                              | 99  |
| Figure 23 – Exemple de schéma fonctionnel de mesure de la consommation de courant et de puissance d'un dispositif d'affichage à cristaux liquides .....                                                                             | 101 |
| Figure A.1 – Système de coordonnées pour la mesure de la BRDF, indice "i" de lumière incidente, indice "r" de lumière réfléchie .....                                                                                               | 103 |
| Figure A.2 – Terminologie utilisée pour les LMD .....                                                                                                                                                                               | 104 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## DISPOSITIFS D’AFFICHAGE À CRISTAUX LIQUIDES –

**Partie 6-2 : Méthodes de mesure pour les modules  
d’affichage à cristaux liquides – Type réflexible**

## 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 61747-6-2 a été établie par le comité d'études 110 : Dispositifs d’affichage à panneaux plats, de la CEI.

Il convient que la présente norme soit lue conjointement aux spécifications génériques auxquelles il est fait référence.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants :

| FDIS         | Rapport de vote |
|--------------|-----------------|
| 110/281/FDIS | 110/299/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 d'une prochaine édition.

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.

Le contenu du corrigendum de janvier 2012 a été pris en considération dans cet exemplaire.

**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 de ces dispositifs, il est fourni des spécifications des paramètres pertinents et couramment acceptés. Celles-ci s'inscrivent dans les catégories suivantes:

- a) des spécifications de type général (par exemple la résolution en pixels, la diagonale, la disposition des pixels);
- b) des spécifications optiques (par exemple le rapport de contraste, le temps de réponse, la direction de visualisation, la paradiaphotie, etc.) ;
- c) des spécifications électriques (par exemple la consommation de puissance, la CEM);
- d) des spécifications mécaniques (par exemple la géométrie du module, le poids);
- e) des spécifications relatives aux essais requis d'endurance aux conditions environnementales;
- f) des spécifications relatives à la fiabilité et aux dangers / sécurité.

Dans la plupart des cas ci-dessus, les spécifications sont suffisamment explicites. Cependant, la valeur spécifiée de certains points des spécifications, notamment dans le domaine des performances optiques et électriques, peut dépendre de la méthode de mesure.

On suppose que toutes les mesures sont réalisées par du personnel compétent en matière de mesures radiométriques et électriques en général, sachant que cette norme n'a pas pour objectif de fournir un état détaillé des bonnes pratiques de physique expérimentale électrique et optique. Il faut, par ailleurs, s'assurer que tous les équipements sont correctement étalonnés, conformément à l'état de l'art et que des enregistrements des données relatives à l'étalonnage et à la traçabilité sont conservés.

## DISPOSITIFS D’AFFICHAGE À CRISTAUX LIQUIDES –

### Partie 6-2 : Méthodes de mesure pour les modules d’affichage à cristaux liquides – Type réflexible

#### 1 Domaine d’application

La présente partie de la CEI 61747 définit de manière détaillée les procédures d’évaluation de la qualité, les exigences d’inspection, les séquences d’examen, les exigences d’échantillonnage ainsi que les procédures d’essai et de mesure requises pour l’évaluation des modules d’affichage à cristaux liquides.

Cette norme se limite aux modules d’affichage à cristaux liquides de type réflexible, soit à segments, soit à matrice passive ou active et achromatique ou couleur (voir Note). Par ailleurs, les modes réflexibles des modules LCD transflexibles à rétro-éclairage éteint et les modules LCD réflexibles, du type à éclairage frontal, sans leur unité d’éclairage frontal, sont pris en compte dans la présente norme. Un module LCD réflexible associé à un panneau tactile ou à une unité d’éclairage frontal, ne fait pas l’objet du domaine d’application de la présente norme, car les mesures correspondantes sont bien souvent imprécises. Dans ce cadre, il convient que le panneau tactile ou l’unité d’éclairage frontal du module, soit déposé avant d’effectuer les mesures.

NOTE Il existe, dans ce domaine, plusieurs points de vue concernant la terminologie préférentielle quant à des termes tels que «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 de visualisation, de la température ambiante ou des dispositifs adressables de 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 est adressable de l’extérieur (et électriquement) par l’utilisateur. Ceci conduit aux définitions suivantes (voir également [19])

- 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 a au moins deux chromaticités («couleurs») adressables par l’utilisateur. Un affichage à 64 couleurs a 64 couleurs adressables (souvent réalisées en utilisant 2 bits pour 3 primaires), etc. Un affichage multicolore a au moins 6 bits par primaire ( $\geq 260$  mille couleurs).

L’objectif de la présente norme est d’indiquer et d’énumérer les paramètres qui dépendent de la procédure, ainsi que de prescrire les méthodes et conditions spécifiques à utiliser pour en obtenir une détermination numérique uniforme.

#### 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l’application du présent document. 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).

ISO 11664-2:2007, *Colorimétrie – Partie 2: Illuminants CIE normalisés*

CIE 15.2, *Recommandations de colorimétrie de la CIE*

CIE 17.4, *Vocabulaire international de l’éclairage*

CIE 38, *Caractéristiques photométriques et radiométriques des matériaux et mesures correspondantes*

CIE 1931, *Espace chromatique CIE XYZ*

CIE 1976, *Espace chromatique CIE LAB*

### 3 Eclairage et géométrie d'éclairage

#### 3.1 Commentaires généraux et remarques sur les mesures concernant les LCD réflexibles

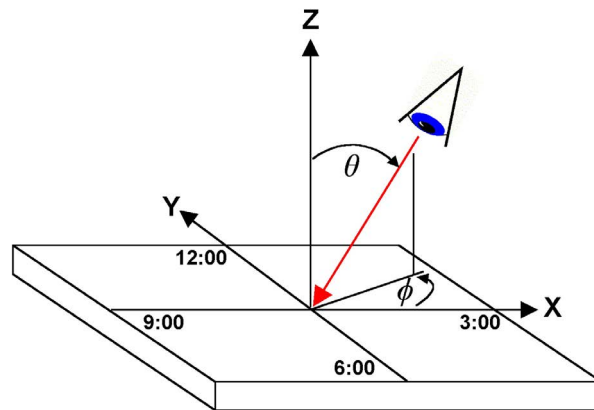
Les LCD réflexibles utilisent l'éclairage ambiant pour afficher des informations visuelles; ils ne disposent pas de leur propre source d'éclairage intégré. Il est difficile d'atteindre la signification et la reproductibilité requises des résultats de mesure du fait du lien étroit qui existe entre l'appareil qui fournit l'éclairage, le dispositif de mesure de la lumière (LMD – *light measuring device*) et le dispositif en essai (DEE). Cette dépendance des résultats vis-à-vis de l'instrumentation implique par exemple que le contraste des LCD réflexibles n'est pas une propriété intrinsèque du dispositif proprement dit, mais qu'il ne peut être évalué que dans des conditions spécifiques et bien définies d'éclairage et de détection [3]<sup>1</sup>, [4], [5], [6], [7], [8] ..[.].

La présente partie décrit un choix d'exemples de différentes géométries qui conviennent à la mesure et à la caractérisation des LCD réflexibles en fonction de la direction d'observation (c'est-à-dire : la direction de visualisation = direction de mesure). L'étendue des géométries pour l'éclairage du DEE et la détection de la lumière réfléchie par le DEE ne doit pas se limiter aux exemples traités ici. Il est présenté un ensemble de paramètres qui doivent être utilisés pour fournir une spécification détaillée des conditions de mesure des caractéristiques électro-optiques énumérées ci-après.

#### 3.2 Système de coordonnées de la direction de visualisation

La direction de visualisation est la direction à partir de laquelle l'observateur regarde le point d'intérêt sur l'afficheur. Pendant les mesures, le dispositif de mesure de la lumière remplace l'observateur et il est placé dans la même direction vers un point spécifié (c'est-à-dire un point ou un champ de mesure) sur le DEE. Dans la pratique, la direction de visualisation est définie par deux angles: l'angle d'inclinaison  $\theta$  (par rapport à la surface normale du DEE) et l'angle de rotation  $\phi$  (également appelé angle d'azimut) comme illustré à la Figure 1. L'angle d'azimut renvoie aux sens indiqués sur le cadran d'une montre, de la manière suivante: l'angle  $\phi = 0^\circ$  à 3 heures (vers la droite),  $\phi = 90^\circ$  à 12 heures (vers le haut),  $\phi = 180^\circ$  à 9 heures (vers la gauche) et  $\phi = 270^\circ$  à 6 heures (vers le bas).

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.



IEC 951/11

**Figure 1 – Représentation de la direction de visualisation (équivalente à la direction de mesure) par l'angle d'inclinaison,  $\theta$  et l'angle de rotation (angle d'azimut),  $\phi$  dans un système de coordonnées polaires**

### 3.3 Géométries d'éclairage de base

Les géométries d'éclairage types sont les suivantes (selon CIE 38) :

- éclairage directionnel

Une source d'éclairage dont les rayons incidents sont approximativement parallèles (écart maximal par rapport à l'axe optique  $< 5^\circ$ ) est dirigée vers le DEE; la direction d'éclairage est spécifiée par  $\theta$  et  $\phi$ . L'intensité à travers la section du faisceau doit être constante à 5 % près. Toute source lumineuse placée à une distance suffisante du DEE fournit un éclairage directionnel (par exemple le soleil, la lune). La Figure 2 donne un exemple d'éclairage directionnel au moyen d'un disque source plan (émission lambertienne) de rayon  $r_s$ , de distance par rapport au point de mesure  $d$  et de rayon du point de mesure  $r_{ms}$ .

L'écart maximal par rapport à l'axe optique dépend des diamètres de la source et du point de mesure. L'angle d'écart maximal par rapport à l'axe optique est donné par l'Equation (1) suivante

$$\text{atan}([r_{ms} + r_s] / |d|) < 5^\circ \quad (1)$$

- éclairage conique

L'éclairage provient d'un angle solide étendu  $\Omega_{SC}$  dont le sommet est fixé sur le centre du point de mesure du DEE. La variation d'intensité lumineuse en fonction de la direction dans cet angle solide doit être spécifiée. La méthode recommandée de mesure de cette variation est donnée à l'Annexe A. Le cône d'éclairage proprement dit est spécifié par la direction de l'axe du cône et l'inclinaison maximale par rapport à l'axe (c'est-à-dire l'angle de cône).

- éclairage hémisphérique

L'éclairage provient d'un grand angle solide  $\Omega_{SH}$  dont le sommet est fixé sur le centre du point de mesure du DEE. Dans le cas d'un éclairage hémisphérique vrai, l'angle solide  $\Omega_{SH}$  s'étend sur un angle d'inclinaison de  $90^\circ$ . Pour les besoins de la présente norme, le terme éclairage hémisphérique doit s'appliquer lorsque l'éclairage est fourni de façon à ce que l'éclairage ne chute pas sous 50 % de la valeur maximale à un angle d'inclinaison de  $60^\circ$ . La variation d'intensité lumineuse en fonction de la direction dans l'angle solide  $\Omega_{SH}$  doit être spécifiée. La méthode recommandée de mesure de cette variation est donnée à l'Annexe A.

Les combinaisons et modifications de ces trois géométries d'éclairage de base sont possibles dans la mesure où les conditions de réalisation sont suffisamment précises.

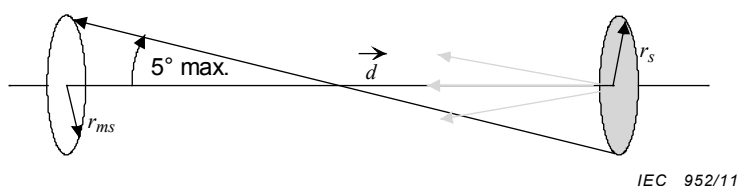


Figure 2 – Eclairage directionnel au moyen d'un disque source plan

### 3.4 Réalisation des géométries d'éclairage

#### 3.4.1 Généralités

Comme illustré dans le présent article, les trois types fondamentaux d'éclairage peuvent être réalisés de manières différentes. Les applications correspondantes donnent lieu aux quatre exemples suivants de géométries d'éclairage.

#### 3.4.2 Eclairage directionnel

L'éclairage directionnel peut être réalisé au moyen de trois différents types de sources dont les dimensions sont suffisamment faibles par rapport à la distance entre la source et le champ de mesure de l'échantillon. La Figure 3 représente les géométries suivantes :

- source lambertienne plane, par exemple l'orifice de sortie d'une sphère d'Ulbricht (schéma du haut),
- source isotrope sphérique (par exemple une lampe à incandescence dans une sphère diffusante en verre) (schéma du milieu),
- système de projection avec des lentilles ou des miroirs (schéma du bas).

Condition:  $\arctan ([r_{ms} + r_s] / |d|) < 5^\circ$  (2)

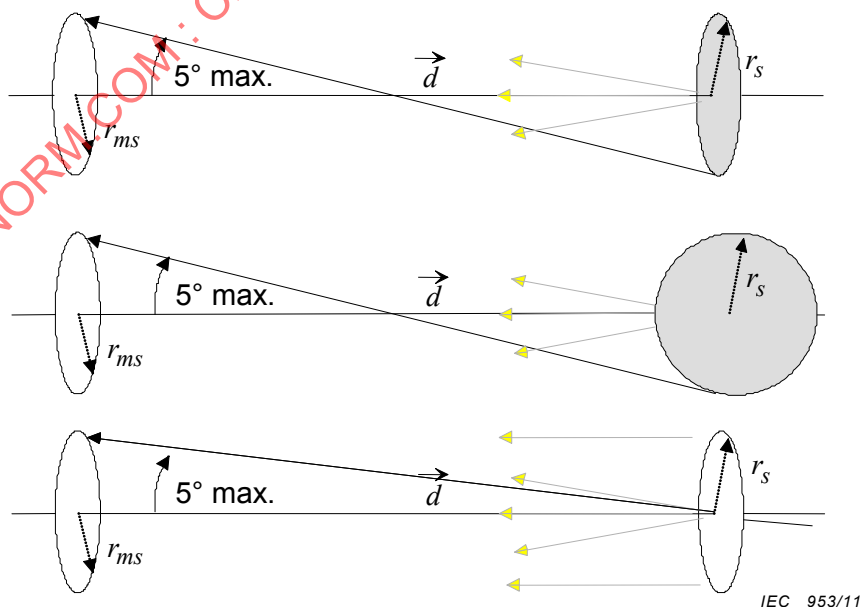


Figure 3 – Différentes réalisations d'un éclairage directionnel

### 3.4.3 Éclairage par une source circulaire

Un éclairage par une source circulaire peut être réalisé au moyen:

- d'une lampe fluorescente ronde (Figure 4a),
- d'une lumière circulaire émise par une fibre optique,
- d'une sphère d'Ulbricht munie d'une ouverture de forme circulaire (annulaire) (Figure 4b),
- d'autres types de lumières.

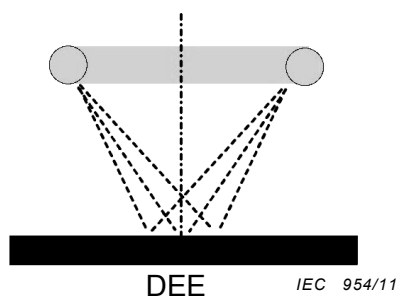


Figure 4a – Lampe fluorescente ronde

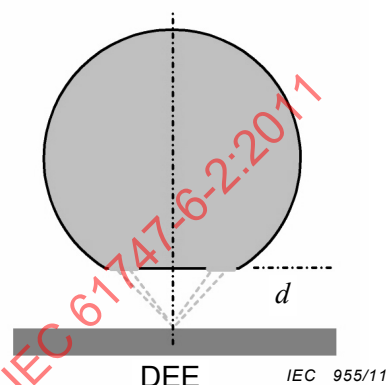


Figure 4b – Sphère d'Ulbricht avec annulaire

NOTE L'éclairage par une source circulaire n'est pas destiné à fournir un éclairage diffus. Il fournit un éclairage dirigé avec une symétrie rotatoire autour de l'axe perpendiculaire au point de mesure de l'afficheur.

### Figure 4 – Exemples d'éclairage par une source circulaire

#### 3.4.4 Éclairage conique

L'éclairage conique peut être réalisé en trois géométries différentes :

- L'orifice de sortie d'une sphère d'Ulbricht, à une certaine distance du point de mesure, génère un éclairage conique d'intensité constante dans toutes les directions de la lumière incidente (Figure 5b).
- Un dôme hémisphérique (partie réfléchissante ou transmissible d'une sphère) génère un éclairage conique (jusqu'à des angles d'inclinaison de 80 ° par exemple) avec, en général, des variations d'intensité lumineuse en fonction de la direction de la lumière incidente (Figure 5a).
- Une source lambertienne plane, parallèle à la surface du DEE, génère un éclairage du point de mesure qui chute en fonction de  $\cos^4 \theta$  ( $\theta$  est l'angle d'inclinaison de la direction de la lumière incidente).

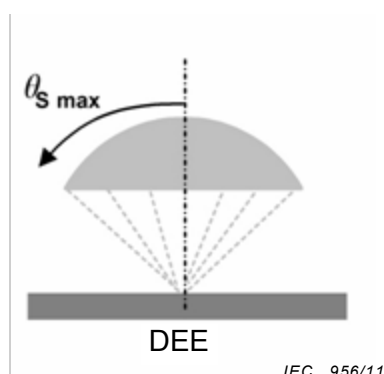


Figure 5a – Dôme sphérique

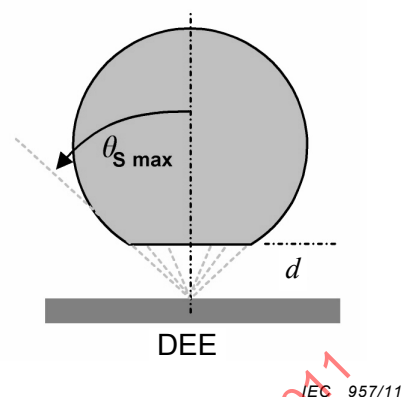


Figure 5b – Sphère d'Ulbricht à grande ouverture

**Figure 5 – Exemples d'éclairage conique au moyen d'un dôme sphérique (Figure 5a) et d'une sphère d'Ulbricht à grande ouverture (Figure 5b)**

### 3.4.5 Eclairage hémisphérique

Il n'est possible d'obtenir une bonne approximation d'un éclairage hémisphérique idéal (c'est-à-dire un éclairage constant dans toutes les directions jusqu'à  $90^\circ$ ) qu'en utilisant des sphères d'Ulbricht ayant un orifice de sortie de petit diamètre par rapport à celui de la sphère. L'orifice de sortie doit être directement adjacent à la surface du DEE afin d'assurer un bon éclairage hémisphérique des angles d'inclinaison (allant jusqu'à  $90^\circ$ ) (Figure 6a).

Il est possible d'obtenir d'autres approximations de l'éclairage hémisphérique au moyen :

- d'hémisphères à revêtements diffusants par réflexion (Figure 6 b),
- de sphères et de dômes à revêtements diffusants par transmission.

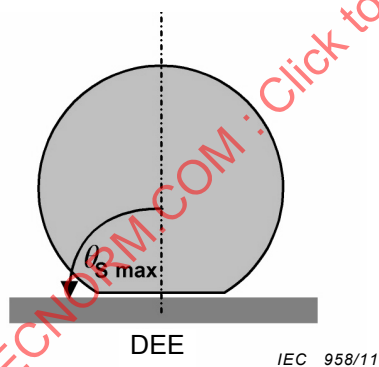


Figure 6a – Sphère d'Ulbricht

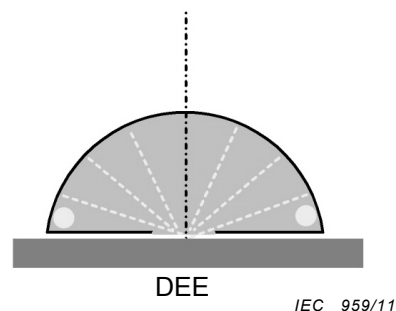


Figure 6b – Hémisphère à revêtements diffusants

**Figure 6 – Exemples d'éclairage hémisphérique**

## 4 Equipements et montage de mesure normalisés

### 4.1 Dispositifs de mesure de la lumière (LMD)

Les critères suivants des dispositifs de mesure de la lumière utilisés pour l'évaluation de la réflexion des LCD réfléchissants doivent être vérifiés et leurs spécifications doivent être déclarées en conséquence:

- la sensibilité de la grandeur mesurée à la polarisation de la lumière,

- les erreurs dues à l'éblouissement par réflexion (voile) et à la lumière diffuse (c'est-à-dire la lumière parasite dans le système optique),
- la synchronisation de l'acquisition de données, les effets du filtrage anti-repliement et passe-bas,
- la linéarité de la détection et la conversion des données.

## 4.2 Positionnement et alignement

Le LMD doit être positionné par rapport au champ de mesure sur le DEE de manière à bien ajuster la direction de mesure (direction de visualisation) et la distance au centre du point de mesure, de façon à assurer une ouverture d'angle inférieure à 5 °. Cet ajustement peut être réalisé au moyen d'un système mécanique (souvent motorisé) et, au choix, au moyen d'un système optique approprié (conoscopique) comme décrit dans l'exemple [9].

## 4.3 Montages de mesure normalisés

### 4.3.1 Généralités

Les géométries de mesure normalisées suivantes sont présentées ci-après:

- a) éclairage directionnel,
- b) éclairage par une source circulaire,
- c) éclairage conique,
- d) éclairage hémisphérique.

Ces géométries sont fréquemment utilisées et des calculs de modèles complets ont été publiés pour ce qui concerne la reproductibilité et la répétabilité des mesures réalisées au moyen de ces géométries [15].

### 4.3.2 Eclairage directionnel

Une source lumineuse de petit diamètre (par rapport à la distance au champ de mesure) est alignée de manière à former un angle  $\theta_S$  avec la surface normale du DEE. Cette source lumineuse éclaire le DEE de manière à constituer un éclairage directionnel du champ de mesure. Le LMD est placé dans le plan de la lumière incidente, aligné à un angle  $\theta_R$  par rapport à l'axe perpendiculaire à la surface normale du DEE. Le champ de mesure sur le DEE est défini par la surface élémentaire représentée sur le détecteur du LMD.

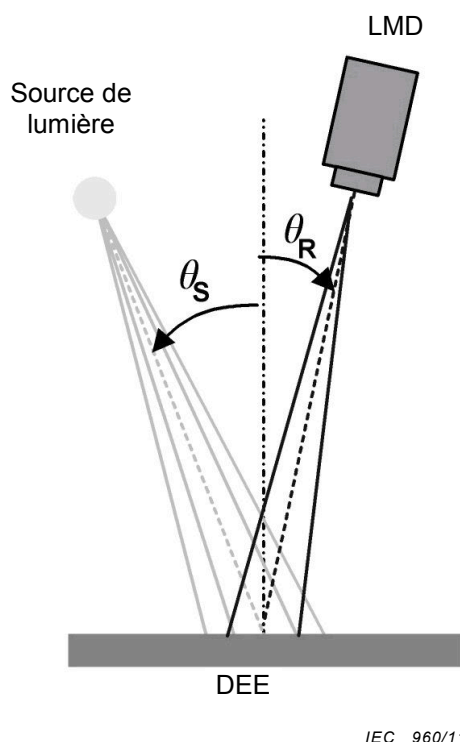


Figure 7a – Éclairement directionnel – Vue latérale

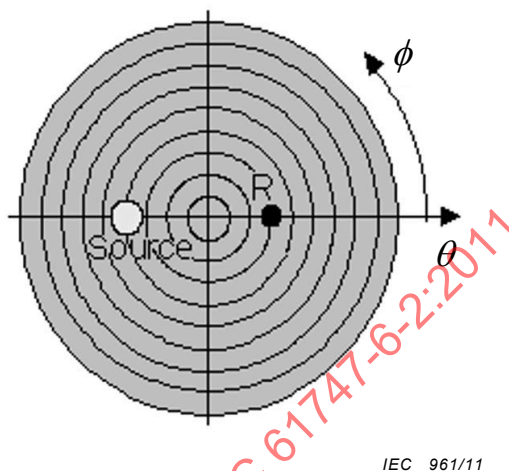


Figure 7b – Éclairement directionnel – Vue de dessus

### Figure 7 – Vue latérale du montage de mesure utilisant l'éclairement directionnel

Dans ce montage, la source lumineuse ainsi que le LMD peuvent être réglés sur une certaine fourchette d'angles d'inclinaison mais le LMD doit rester dans le plan d'incidence de la lumière (c'est-à-dire  $\phi_S = \phi_R + 180^\circ$ ). Pour assurer une bonne reproductibilité, il est exigé une exactitude de l'alignement à  $0,2^\circ$  près [15], [17].

Cette configuration est illustrée à la Figure 7a, avec sa représentation dans un système de coordonnées polaires (Figure 7b) pour, en l'occurrence, un angle d'inclinaison du LMD,  $\theta_R = 30^\circ$  et un angle d'inclinaison de la source,  $\theta_S = 40^\circ$ .

NOTE Il est recommandé d'utiliser des conditions normalisées de  $\theta_S = 0^\circ$  et  $\theta_R = 30^\circ$ . L'exactitude de l'alignement à  $\pm 0,4^\circ$  près est recommandée pour assurer une erreur de mesure à  $\pm 5\%$  près [16].

#### 4.3.3 Éclairement par une source circulaire

Une source lumineuse de forme circulaire, centrée sur le plan normal à la surface du DEE, éclaire ce dernier à partir d'un angle d'inclinaison  $\theta_S \pm \Delta$ , quels que soient les angles d'azimut ( $\phi_S = 0^\circ$  à  $360^\circ$ ). Le LMD est aligné de manière à former un angle  $\theta_R < \theta_S$  par rapport au plan normal à la surface du DEE. La Figure 8 présente une vue latérale du montage de mesure (Figure 8a) ainsi que sa représentation dans un système de coordonnées polaires (Figure 8b) pour, en l'occurrence, un angle d'inclinaison du LMD,  $\theta_R = 0^\circ$  et un angle d'ouverture de la source,  $\theta_S \pm \Delta = 35^\circ \pm 5^\circ$ . Le champ de mesure sur le DEE est défini par la surface élémentaire représentée sur le détecteur du LMD.

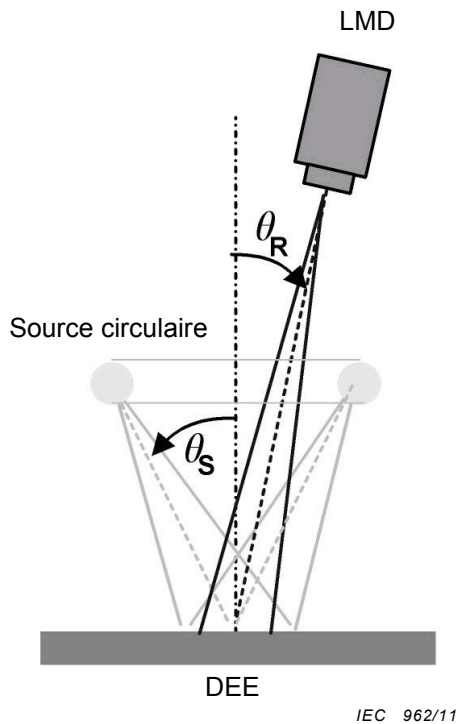


Figure 8a – Eclairage circulaire – Vue latérale

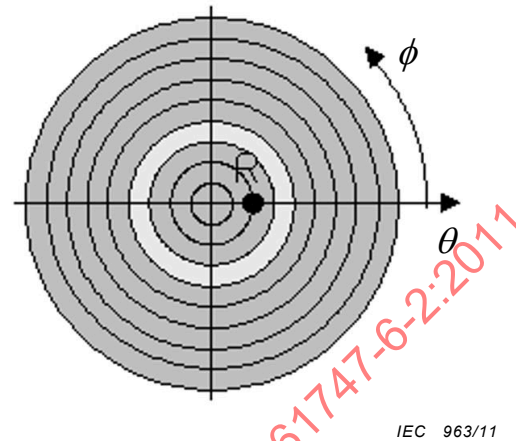


Figure 8b – Eclairage circulaire – Vue de dessus

**Figure 8 – Vue latérale du montage de mesure utilisant l'éclairage par une source circulaire**

Le point de mesure sur le DEE, tel que "perçu" par le LMD, doit être contenu et centré sur la surface éclairée du DEE; cet éclairage doit être uniforme. La largeur de la lumière circulaire doit être spécifiée. La source et le détecteur doivent être alignés selon la géométrie définie à  $\pm 3^\circ$  près [15], [17].

Ce montage est utilisé avec une source fixe; le LMD peut demeurer réglable dans les limites d'ouverture du cercle de lumière.

NOTE Il est recommandé d'utiliser des conditions normalisées de  $\theta_R = 0^\circ$  et un angle d'ouverture de la source de  $\theta_S \pm \Delta = (20 \pm 3)^\circ$ . L'exactitude de l'alignement à  $\pm 0,7^\circ$  près est recommandée pour assurer une erreur de mesure à  $\pm 5\%$  près [16].

#### 4.3.4 Éclairage conique

Une source lumineuse est centrée sur le plan normal à la surface du DEE et éclaire ce dernier à partir d'une certaine fourchette d'angles d'inclinaison  $\theta_S$  ( $0^\circ < \theta_S < \theta_{S-\max}$ ) quels que soient les angles d'azimut ( $\phi_S = 0^\circ$  à  $360^\circ$ ). Le LMD est aligné de manière à former un angle  $\theta_R$  par rapport au plan normal à la surface du DEE. La Figure 9 présente une vue latérale du montage de mesure (à gauche) ainsi que sa représentation dans un système de coordonnées polaires (Figure 9b) pour, en l'occurrence, un angle d'inclinaison du LMD,  $\theta_R = 50^\circ$  et un angle d'ouverture de la source,  $2 \times \theta_{S-\max} = 120^\circ$ . Le champ de mesure sur le DEE est défini par la surface élémentaire représentée sur le détecteur du LMD.

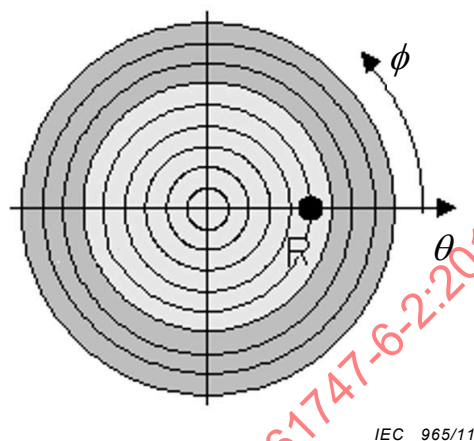
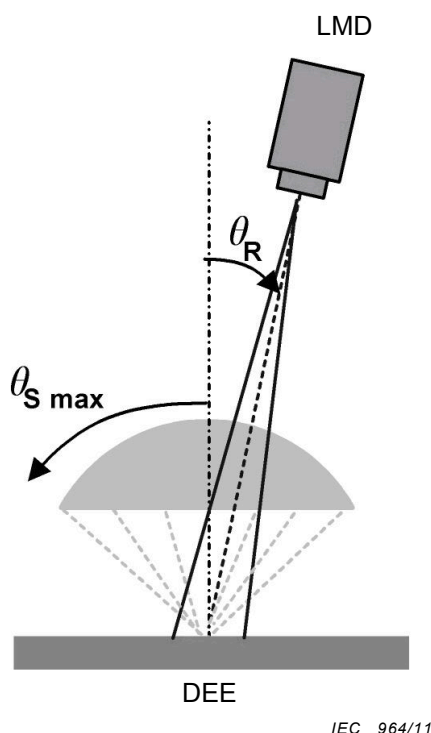


Figure 9a – Eclairage conique – Vue latérale

Figure 9b – Eclairage conique – Vue de dessus

**Figure 9 – Vue latérale du montage de mesure utilisant l'éclairage conique**

La distance de la source au DEE doit être précise à 5 mm près et la direction du dispositif d'éclairage doit être alignée à 4 ° près. Le LMD doit être aligné à 0,5 ° près. Il doit être prévu des moyens sur le LMD permettant d'observer le DEE à travers le dispositif d'éclairage (par exemple une fente, une ouverture). La mise en œuvre réelle doit être décrite de manière détaillée [15], [17].

NOTE 1 Il est recommandé d'utiliser des conditions normalisées de  $\theta_R = 0^\circ$  et un angle d'ouverture de la source,  $2 \times \theta_{S\text{-max}} = 90^\circ$ . L'exactitude de l'alignement de  $\theta_{S\text{-max}}$  à  $\pm 1,5^\circ$  près est recommandée pour assurer une erreur de mesure à  $\pm 5\%$  près [16].

NOTE 2 Lorsque l'afficheur comporte une composante de voile, il convient de prendre les mesures nécessaires pour que l'angle et la géométrie choisis assurent la reproductibilité et l'exactitude de la mesure.

#### 4.3.5 Eclairage hémisphérique

Une source lumineuse centrée sur le plan normal à la surface du DEE éclaire ce dernier à partir d'une certaine fourchette d'angles d'inclinaison  $0^\circ \leq \theta_S \leq 90^\circ$ , quels que soient les angles d'azimut ( $\phi_S = 0^\circ$  à  $360^\circ$ ). Le LMD est aligné de manière à former un angle  $\theta_R < \theta_S$  par rapport au plan normal à la surface du DEE.

La Figure 10a présente une vue latérale du montage de mesure ainsi que sa représentation dans un système de coordonnées polaires (Figure 10b) pour, en l'occurrence, un angle d'inclinaison du LMD,  $\theta_R = 40^\circ$  et un angle d'ouverture de la source,  $2 \times \theta_{S\text{-max}} = 140^\circ$ . Le champ de mesure sur le DEE est défini par la surface élémentaire représentée sur le détecteur du LMD.

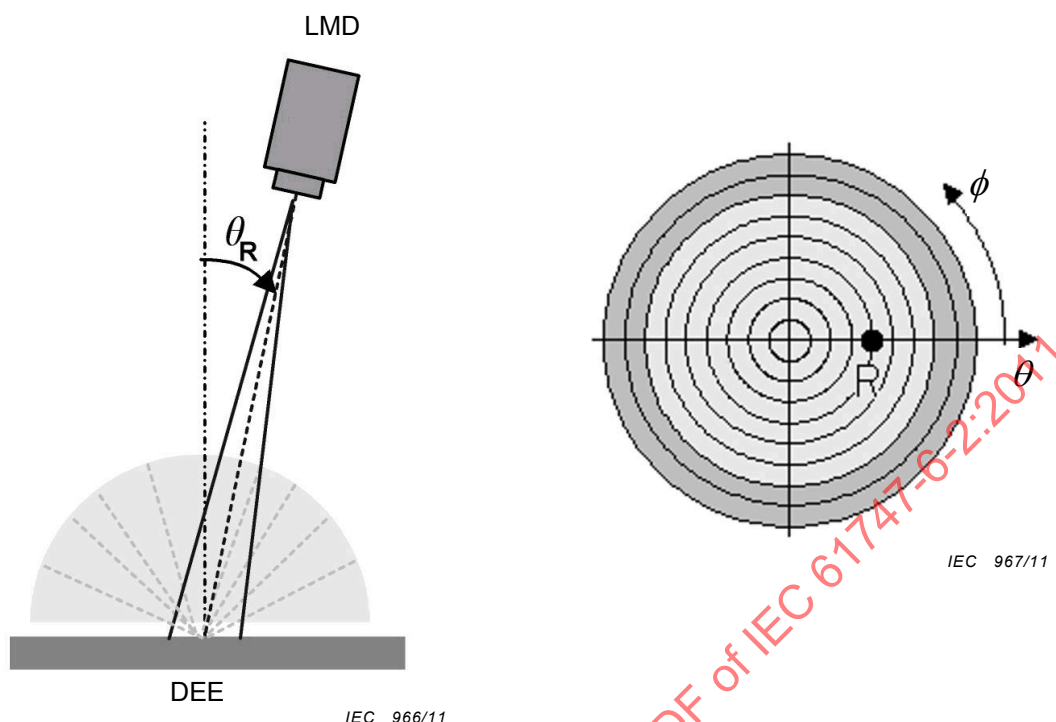


Figure 10a – Éclairement hémisphérique – Vue latérale

Figure 10b – Éclairement hémisphérique – Vue de dessus

### Figure 10 – Vue latérale du montage de mesure utilisant l'éclairement hémisphérique

Il doit être prévu des moyens sur le LMD permettant d'observer le DEE à travers le dispositif d'éclairement (par exemple une fente, une ouverture). L'exactitude de l'alignement, pour la répétabilité des mesures, doit être supérieure à  $\pm 5^\circ$  [15], [17].

NOTE Il est recommandé d'utiliser des conditions normalisées de  $\theta_R = 0^\circ$  et un angle d'ouverture de la source,  $2 \times \theta_{S-\max} = 180^\circ$ . L'exactitude de l'alignement de  $\theta_{S-\max}$  de  $-6^\circ$  à  $0^\circ$  près est recommandée pour assurer une erreur de mesure à  $\pm 5\%$  près [17].

#### 4.3.6 Autres conditions d'éclairement

Les dispositifs normalisés utilisés pour réaliser les mesures décrites ci-dessus sont des exemples. Il est également possible d'utiliser d'autres combinaisons dans la mesure où le dispositif est décrit de manière détaillée afin d'assurer une reproductibilité correcte (voir ci-dessous).

#### 4.4 Spécification normalisée des conditions de mesure

##### 4.4.1 Conditions d'éclairement

Les caractéristiques d'éclairement peuvent être décrites selon les termes et grandeurs ci-dessous :

- une intensité (par exemple la luminance) et un spectre intrinsèques ou des composantes trichromatiques  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , en fonction de la direction de la lumière incidente et de la position de l'échantillon (variations latérales),
- les caractéristiques temporelles (variations à court et à long termes) d'une intensité intrinsèque (par exemple la luminance).

L'éclairement différentiel,  $dE$ , du point de mesure à partir de la direction  $(\theta, \phi)$  est une fonction de la luminance  $L(\theta, \phi)$  de la source lumineuse, l'angle solide différentiel,  $d\Omega(\theta)$ , et la

direction de la lumière incidente, vue à partir du point de mesure et décrite par les angles polaires,  $\theta$ ,  $\phi$ , de la manière suivante:

$$dE(\theta, \phi) = L(\theta, \phi) \cos \theta d\Omega(\theta) \quad (3)$$

Ceci est illustré par le graphique de la Figure 12, qui montre l'éclairement normalisé à l'emplacement du point de mesure en fonction de l'angle d'inclinaison  $\theta$  (pour un angle d'azimut spécifique  $\phi$ , Figure 12a) et en fonction de l'angle d'azimut  $\phi$  (pour un angle d'inclinaison spécifique  $\theta$ , Figure 12b) dans le cas de la géométrie hémisphérique avec piège à brillant, comme illustré en Figure 11 ( $\theta_{\max} = 70^\circ$ ).

Si l'éclairement à l'emplacement du point de mesure sur le DEE doit être caractérisé par des répartitions spectrales en fonction de la direction de la lumière incidente, il faut utiliser l'irradiance (éclairement énergétique) en lieu et place de l'intensité lumineuse.

Toutes les sources lumineuses et les dispositifs d'éclairage utilisés pour les mesures réalisées conformément à la présente norme, doivent fournir un éclairement perçu comme étant "blanc" par l'œil humain.

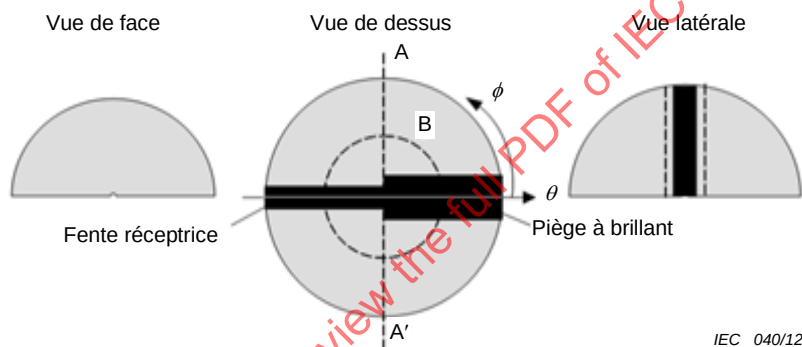


**Figure 11 – Éclairement hémisphérique avec piège à brillant (GT – gloss-trap) du côté opposé à l'inclinaison du récepteur**

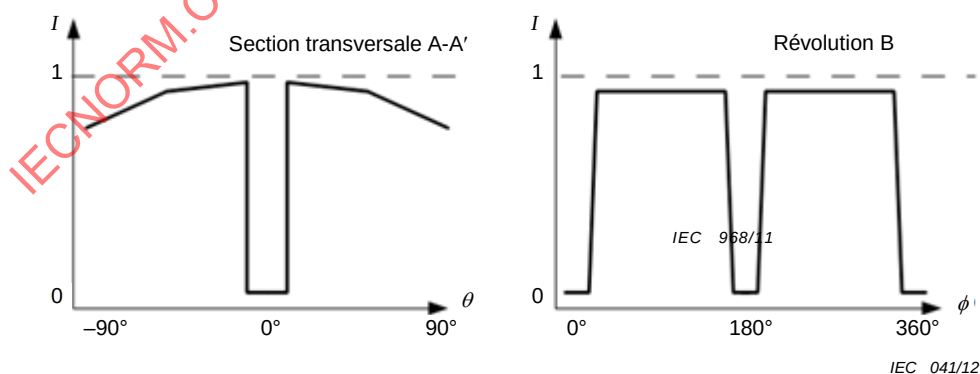
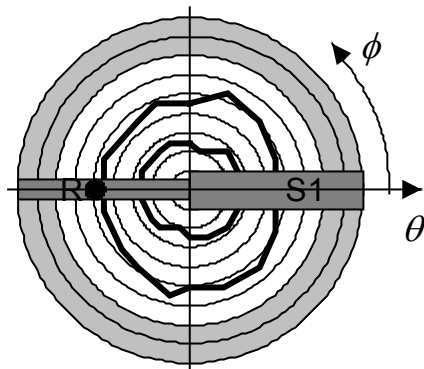


**Figure 12a – Luminance mesurée en fonction de  $\theta$**

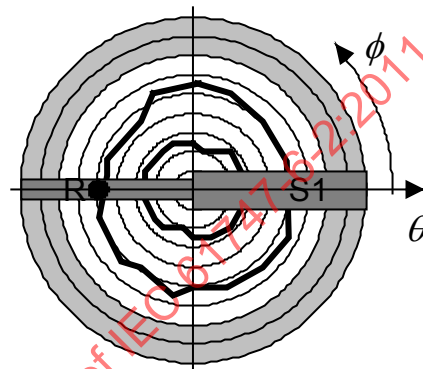
**Figure 12b – Luminance mesurée en fonction de  $\phi$**

**Figure 12 – Éclairement normalisé à l'emplacement du point de mesure**

Etant donné qu'il n'est pas possible de représenter graphiquement le spectre d'éclairement en fonction de la direction de la lumière incidente, des différences de chromaticité telles que  $\Delta u'$ ,  $\Delta v'$  sont utilisées (par rapport à la chromaticité de la lumière dans une direction de référence, par exemple l'axe normal) (voir la Figure 13 : Les lignes de différences de chromaticité égales,  $\Delta u'$  (Figure 13a) et  $\Delta v'$  (Figure 13b) en fonction de la direction de la lumière incidente  $\theta$ ,  $\phi$  en référence à la direction normale représentée pour l'éclairement hémisphérique avec piège à brillant illustrée en Figure 11). L'éclairement idéal ne présenterait aucune variation de la chromaticité en fonction de la direction de la lumière incidente et par conséquent les différences de chromaticité seraient égales à zéro dans toutes les directions.



IEC 971/11



IEC 972/11

Figure 13 a – Différence de chromaticité  $\Delta u'$

Figure 13 b – Différence de chromaticité  $\Delta v'$

Figure 13 – Lignes de différences de chromaticité égales  $\Delta u'$   $\Delta v'$

Les variations temporelles des sources lumineuses utilisées pour générer des conditions d'éclairement bien définies, doivent être mesurées et notées sur une échelle à court terme (par exemple plusieurs milliers d'échantillons avec une résolution de l'ordre de la ms) et sur une échelle à long terme (plusieurs milliers d'échantillons avec une résolution de l'ordre de la seconde). Pour la caractérisation des fluctuations et variations temporelles, il suffit de mesurer et d'évaluer les grandeurs photométriques (par exemple la luminance, l'éclairement, etc.); il n'est pas exigé de mesurer les spectres. Lorsqu'il y a des fluctuations spectrales (par exemple dans les lampes à décharge), on observe également des fluctuations des grandeurs photométriques.

#### 4.4.2 Conditions applicables aux LMD

A partir de la distance entre le LMD et le champ de mesure et de l'ouverture du LMD (surface d'acceptation), il faut évaluer et spécifier l'ouverture angulaire du LMD (voir Figure A.2).

Au cours des mesures des dispositifs d'affichage matriciels, il convient que les LMD soient installés de manière à ce que leur champ de vision circulaire ou rectangulaire comprenne plus de 500 pixels<sup>2</sup> du panneau en observation normale (direction normalisée de mesure). L'angle total d'ouverture optique accepté par le LMD,  $\theta_{\text{accept}}$ , doit être inférieur à 2°. Cela peut, par exemple, être obtenu en utilisant une distance de mesure de 50 cm (valeur recommandée) entre le LMD et le centre de la zone d'affichage ainsi qu'un diamètre de pupille du détecteur de 4 cm. Pour des afficheurs matriciels de faible résolution, le nombre de pixels dans le champ de vision peut être inférieur à 500. En l'occurrence, un minimum de 9 pixels est recommandé. Pour la mesure d'afficheurs à segments, il convient que le champ de vision soit réglé sur un segment unique et qu'il n'inclue aucun de ses éléments environnants.

<sup>2</sup> Il est à noter que la définition officielle du pixel est appliquée et que celui-ci peut ou non inclure de multiples sous-pixels.

Avant chaque mesure, le LMD doit être étalonné en mesurant le facteur de réflexion d'un étalon de travail du blanc (WWS - *Working White Standard*) placé à la position que prendra le DEE plus tard.

#### 4.4.3 Effets indésirables de l'inclinaison du récepteur

Lorsque le montage de mesure comprend un LMD réglable pour mesurer et évaluer les variations en fonction de la direction d'observation, il faut tenir compte du fait que le récepteur du LMD "perçoit" différentes parties du DEE selon différents angles d'inclinaison. Un point de mesure initialement circulaire (lorsque le DEE est visualisé ou mesuré sur un plan normal) devient elliptique si l'inclinaison du récepteur l'éloigne de la direction normale, comme illustré à la Figure 14. L'axe court de l'ellipse (ici dans le sens vertical) demeure constant lorsque le plan d'inclinaison est perpendiculaire à la surface du papier, à l'intersection avec la surface du papier le long de l'axe long de l'ellipse (ici dans le sens horizontal).

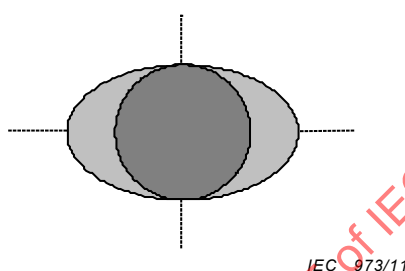


**Figure 14 – Forme du point de mesure sur le DEE pour deux différents angles d'inclinaison du récepteur**

Lorsque le récepteur est réglable, il faut tenir compte de deux effets. Le point de mesure dont la taille augmente en fonction de l'angle d'inclinaison, ne doit pas inclure

- des parties indésirables du DEE (par exemple les parties non actives d'un afficheur à segments), ou
- les parties éclairées d'une manière différente.

Il faut choisir la taille et l'emplacement du champ de mesure de façon à ce que ces conditions soient remplies; il faut également les spécifier en conséquence.

#### 4.4.4 Contrôle et suppression des réflexions de surface frontale

Lorsqu'il existe une source lumineuse à l'angle spéculaire du LMD, des réflexions de la surface frontale du DEE se superposent aux composantes de réflexion qui sont modulées par le dispositif d'affichage. Ces réflexions de la surface frontale sont de l'ordre de quelques pour-cent du flux de lumière incidente et elles peuvent réduire sérieusement le contraste d'un afficheur réfléchissant [12], [13].

Selon les divers facteurs impliqués, ces réflexions de la surface frontale peuvent être incluses dans les mesures (pour reproduire des conditions d'application réelles) ou être supprimées et exclues (pour approcher des conditions d'application idéales).

Il faut indiquer l'éventuelle inclusion des réflexions de surface frontale dans la mesure, et dans la négative, il faut préciser de façon détaillée la manière dont elles ont été exclues pour que la mesure soit reproductible.

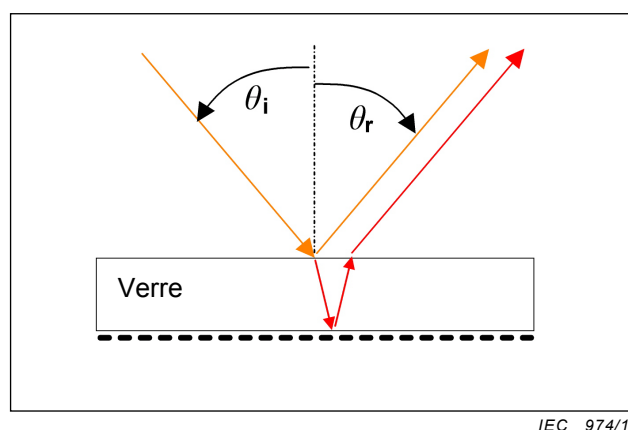


**Figure 15 – Réflexions de la surface première d'un milieu translucide (substrat en verre, polariseur, etc.) superposé à la composante de réflexion modulée par le dispositif d'affichage**

## 4.5 Etalons de travail et références

### 4.5.1 Etalon du facteur de réflexion diffuse

Les échantillons de référence du facteur de réflexion diffuse (blanc) peuvent être obtenus avec un facteur de réflexion diffuse de 98 % ou plus. Ils sont également disponibles en diverses nuances de gris. Certains matériaux peuvent être soigneusement sablés (il est quelquefois nécessaire d'utiliser de l'eau avec le sablage) ou nettoyés pour rafraîchir la surface et lui redonner son facteur de réflexion maximal dans le cas où elle serait souillée ou contaminée. Ces étalons de facteurs de réflexion peuvent être utilisés afin de réaliser l'éclaircissement à partir d'une mesure de la luminance de l'étalon ( $E = \pi L_{\text{étal}} / \beta_{\text{étal}}$ ) uniquement pour la géométrie de mesure utilisée dans la détermination de son facteur de luminance  $\beta_{\text{étal}}$  – c'est-à-dire la géométrie utilisée pour l'étalonnage. Si le facteur de réflexion (ou le facteur de réflexion diffuse) est associé à l'étalon – sachant que la valeur de 98 % ou 99 % fait en général référence au facteur de réflexion – cette valeur ne peut être utilisée que pour un éclaircissement hémisphérique uniforme. Si on utilise une source isolée à un angle donné, il n'y a aucune raison de croire que la valeur de 99 % soit proche de la valeur propre du facteur de luminance pour cette configuration géométrique.

### 4.5.2 Etalon du facteur de réflexion spéculaire

Le verre noir (par exemple BG-1000) ou un filtre d'absorption de densité neutre très élevée (une densité de 4 ou plus) peut être utilisé pour mesurer la luminance d'une source à condition que les propriétés de réflexion spéculaire soient correctement étalonnées. Un tel réflecteur est très semblable à un miroir à surface frontale qui a un faible facteur de réflexion spéculaire compris en général entre 4 % et 5 %. Ceci peut être utile lorsque la source ne peut être vue qu'au moyen d'un miroir ou lorsqu'il s'agit de mesurer la luminance selon le même ordre de grandeur qu'une mesure de la réflexion plutôt que de mesurer la source directement. Il est à noter que la qualité de nettoyage de la surface et l'angle spéculaire utilisé affecteront la valeur du facteur de réflexion spéculaire et par conséquent l'étalonnage doit être effectué pour chaque configuration afin d'obtenir des résultats valides [16].

## 4.6 Emplacements normalisés du champ de mesure

### 4.6.1 Afficheurs matriciels

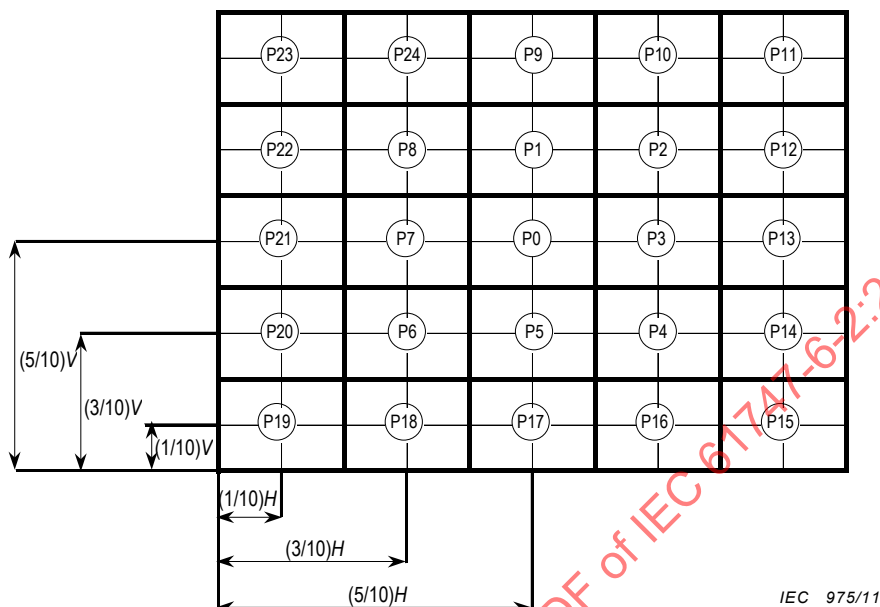


**Figure 16 – Positions de mesure normalisées aux centres de tous les rectangles p0-p24 – La hauteur et la largeur de chaque rectangle sont respectivement égales à 20 % de la hauteur et de la largeur de l'afficheur**

Les mesures de la luminance, de la répartition spectrale et/ou des composantes trichromatiques peuvent être réalisées en plusieurs positions spécifiées sur la surface du DEE. A cet effet, la vue frontale de l'afficheur est divisée en 25 rectangles imaginaires identiques, conformément à la Figure 16. 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 positions ainsi prescrites dans les directions  $x$  et  $y$  doit être dans les limites de 7 % de  $H$  et de  $V$  respectivement (où  $H$  et  $V$  représentent les dimensions de la zone d'affichage active dans les directions  $x$  et  $y$  respectivement).

Au cours du balayage à la position du point de mesure sur la surface du DEE, les angles polaires doivent rester fixes.

Tout écart par rapport aux positions normalisées décrites ci-dessus doit être ajouté à la spécification particulière.

### 4.6.2 Afficheurs à segments

Les positions normalisées de mesure sont les mêmes que celles prescrites ci-dessus pour les afficheurs matriciels. 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 requises à la position  $p_i$  ( $i = 0$  à 24), il convient que le centre géométrique du segment le plus proche du centre de la case  $p_i$  soit utilisé pour positionner le détecteur.

Tout écart par rapport aux positions normalisées décrites ci-dessus doit être ajouté à la spécification particulière.

## **4.7 Conditions normalisées de fonctionnement du DEE**

### **4.7.1 Généralités**

En raison des caractéristiques physiques des LCD, pratiquement toutes les propriétés optiques de ces dispositifs varient en fonction de la direction d'observation (c'est-à-dire la direction de visualisation). C'est pourquoi il convient de comprendre que pour la détermination de plusieurs des paramètres ci-dessous, il est nécessaire de bien spécifier et de contrôler (mécaniquement) la direction de visualisation. De même, la distance entre le dispositif de mesure de la lumière et le point de mesure sur le DEE doit rester constante pour toutes les directions de visualisation.

Toutes les sources lumineuses utilisées pour l'éclairage du DEE au cours des mesures doivent être d'éclairage et de spectre constants au moins sur la période des mesures liées entre elles pour l'évaluation (par exemple état lumineux et sombre d'un affichage pour l'évaluation du contraste). La luminance ou l'intensité lumineuse du dispositif utilisé pour l'éclairage du DEE doit être constante dans les limites de  $\pm 1 \%$ , et ne doit pas présenter de fluctuations à court terme (par exemple ondulations, modulations MLI, etc.). Il convient de prévoir une période de stabilisation de 5 min. à 10 min. Il doit être observé une température constante et correcte du DEE.

Le module soumis aux essais doit être physiquement préparé pour ces essais. Pour assurer un fonctionnement stable des dispositifs d'affichage à cristaux liquides, il convient d'établir un contrôle thermostatique pendant une période spécifiée inférieure à 1 h. Si cette période de contrôle est inférieure à 1 h, il doit être observé une température stable. Les essais doivent être réalisés dans des conditions nominales de tension, de courant d'entrée, etc. Tout écart par rapport aux conditions normalisées de fonctionnement du dispositif doit être noté dans la spécification particulière.

### **4.7.2 Conditions ambiantes normalisées**

#### **4.7.2.1 Conditions environnementales normalisées pour les mesures**

Les mesures doivent être effectuées après une durée suffisante de mise en température des sources d'éclairage et des dispositifs en essai (voir ci-dessous), dans des conditions environnementales normalisées, à une température de  $25 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$  et une humidité relative de 25 % à 85 %, ainsi qu'une pression atmosphérique de 86 kPa à 106 kPa. Si les conditions environnementales sont différentes, elles doivent être indiquées dans le rapport.

La période de mise en température est définie comme étant la durée nécessaire pour obtenir une stabilité de luminance de  $\pm 5 \%$  de variation par heure de fonctionnement.

#### **4.7.2.2 Conditions normalisées d'éclairage**

Les modules LCD réflexibles ne comportent pas de sources lumineuses intégrées. La source lumineuse, la position relative entre source lumineuse et dispositif en essai (DEE), ainsi que la position relative entre le DEE et les équipements de mesure, sont limitées. Il est admis d'utiliser quatre différents types de systèmes normalisés d'éclairage pour les mesures. Les systèmes optiques correspondants sont présentés de manière schématique sur la Figure 7, la Figure 8, la Figure 9 et la Figure 10.

Chaque système est placé dans une chambre noire pour réaliser les mesures. L'éclairage du DEE ne provenant pas de la source lumineuse est inférieur à 1 lx, et l'éclairage généré par la source lumineuse est supérieur à 300 lx. Pour les mesures de dispositifs d'affichage matriciels, il convient que le champ de mesure soit réglé sur un champ de vision circulaire ou rectangulaire incluant plus de 500 pixels sur l'affichage en incidence normale (direction normalisée de mesure). Si le champ de vision est inférieur à 500 pixels, cette situation doit être indiquée dans la spécification particulière. Le résultat de mesure des modules LCD est affecté par l'éclairage et les conditions géométriques. La présente norme établit des

restrictions quant aux conditions de mesure. Les conditions ci-après, résultant de ces restrictions, doivent être indiquées dans la spécification particulière.

#### 4.8 Processus de mesure normalisé

Le processus de mesure normalisé comprend les étapes fondamentales suivantes:

- a) La préparation des équipements et du montage de mesure, du dispositif en essai et des conditions ambiantes afin de garantir les valeurs normalisées et les stabilités spécifiées. Lorsque les conditions réelles diffèrent des conditions normalisées, ceci doit être noté dans le rapport et les valeurs réellement utilisées doivent y être indiquées.
- b) Les précautions et les soins habituellement exigés dans un laboratoire de métrologie optique doivent être assurés, le facteur de réflexion de l'échantillon doit être mesuré en termes de luminance, de répartition spectrale de la radiance ou de composantes trichromatiques dans les conditions spécifiées d'éclairage et de paramètres de commande électrique (tensions, mires d'essai, etc.).
- c) Les précautions et les soins habituellement exigés dans un laboratoire de métrologie optique doivent être assurés, le facteur de réflexion du ou des étalons de référence applicable(s) doit être mesuré en termes de luminance, de répartition spectrale de la radiance ou de composantes trichromatiques dans les conditions d'éclairage spécifiées qui doivent être identiques à celles utilisées pour les mesures du DEE.
- d) Les données obtenues à partir de la mesure du DEE et celles obtenues à partir de la mesure de l'étalon de référence, doivent être corrélées de manière appropriée, afin d'obtenir les données cibles (par exemple la luminance réfléchie, la chromaticité de la lumière réfléchie, etc.). La méthode de calcul doit être conforme aux règles établies (par exemple celles données en [18]) et doit être spécifiée dans le rapport de mesure.
- e) Si les montages de la ou des sources lumineuses, du DEE et du dispositif de mesure de la lumière utilisés pour les mesures sont différents de ceux décrits en 4.3, le dispositif effectivement utilisé doit être décrit de manière détaillée dans le rapport de mesure. Un plan détaillé ainsi que des photographies du dispositif réellement utilisé peuvent utilement compléter cette spécification.

### 5 Méthodes normalisées de mesure et d'évaluation

#### 5.1 Facteur de réflexion – Grandeurs photométriques

##### 5.1.1 Objectif

Cette méthode s'applique aux mesures du facteur de réflexion et de son uniformité latérale (c'est-à-dire dans la zone active) pour les dispositifs d'affichage à cristaux liquides.

##### 5.1.2 Appareillage de mesure

Ces mesures utilisent un LMD, une alimentation de puissance et un générateur de signal d'excitation pour les dispositifs d'affichage à cristaux liquides ainsi qu'un dispositif de régulation de la température du DEE. Pour les mesures d'uniformité latérale, un dispositif de positionnement à deux axes peut également être nécessaire.

##### 5.1.3 Méthode de mesure

Les mesures sont réalisées dans la chambre noire, dans des conditions de mesure normalisées et dans la direction nominale de visualisation.

- a) Sélectionner l'un des systèmes de mesure normalisés.
- b) Placer le WWS dans la position où le DEE sera placé pour une mesure effectuée ultérieurement et mesurer  $Rw'(\lambda)$ .
- c) Placer le DEE dans la position correcte de mesure.

- d) Appliquer les signaux au dispositif de façon à ce que le rapport de contraste maximal soit obtenu dans des conditions de BLANC saturé. Mesurer ensuite le DEE à la position  $p_0$  (le centre de la zone active de l'afficheur) de manière à obtenir les composantes trichromatiques;  $X_{on}$ ,  $Y_{on}$ ,  $Z_{on}$ .
- e) Appliquer les signaux au dispositif de façon à obtenir des conditions de NOIR saturé. Mesurer ensuite le facteur de réflexion  $R_0$  à la position  $p_0$  permettant d'obtenir les composantes trichromatiques;  $X_{off}$ ,  $Y_{off}$ ,  $Z_{off}$ .
- f) Déterminer le facteur de réflexion du BLANC saturé;  $R_{on}$  en tant que  $Y_{on}$ ; et le facteur de réflexion du NOIR saturé;  $R_{off}$  en tant que  $Y_{off}$ .

NOTE Il est possible, dans certains cas, que le DEE affiche une image noire à l'état "sous tension" (on) et une image blanche à l'état "hors tension" (off). Dans une telle situation, la terminologie  $R_{on}$ ,  $X_{on}$ ,  $Y_{on}$ ,  $Z_{on}$  s'appliquera à l'état NOIR et  $R_{off}$ ,  $X_{off}$ ,  $Y_{off}$ ,  $Z_{off}$  s'appliquera à l'état BLANC.

## 5.1.4 Définitions et évaluations

### 5.1.4.1 Colorimétrie spectrophotométrique

Cette méthode permet, au moyen d'un spectrophotomètre, de mesurer le facteur de réflexion spectrale et de déterminer les composantes trichromatiques.

Pour la spectrophotométrie, l'appareil est classé comme spectrophotomètre de première classe ou de seconde classe, conformément à la CIE 15.2 (Colorimétrie) (1986), colorimétrie, 2<sup>ème</sup> éd. 1, 2, 3. Le facteur de réflexion spectrale,  $R(\lambda)$  du DEE est déterminé en comparant le DEE à l'étalon de travail du blanc (WWS) étalonné. L'exemple illustre les procédures de mesure pour des instruments à faisceau unique, sachant toutefois que des instruments à double faisceau peuvent également être utilisés. Le processus de mesure est le suivant.

- a) Mesurer le WWS et noter une valeur de  $R_w'(\lambda)$ .
- b) Remplacer le WWS par le DEE et noter une valeur de  $R'(\lambda)$ .
- c) Déterminer le facteur de réflexion spectrale,  $R(\lambda)$  du DEE selon la formule suivante :

$$R(\lambda) = R_w(\lambda) \frac{R'(\lambda)}{R_w'(\lambda)} \quad (4)$$

où

$R(\lambda)$  est le facteur de réflexion spectrale du DEE ;

$R'(\lambda)$  est une valeur de chaque longueur d'onde du DEE ;

$R_w'(\lambda)$  est une valeur de chaque longueur d'onde du WWS ;

$R_w(\lambda)$  est le facteur de réflexion spectrale du WWS étalonné selon la même géométrie que le spectrophotomètre utilisé pour les mesures.

- d) Les composantes trichromatiques,  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  sont en principe calculées de la manière suivante :

$$X = K \sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{x}(\lambda) R(\lambda) \Delta\lambda \quad (5)$$

$$Y = K \sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) R(\lambda) \Delta\lambda \quad (6)$$

$$Z = K \sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{z}(\lambda) R(\lambda) \Delta\lambda \quad (7)$$

$$K = \frac{100}{\sum_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda} \quad (8)$$

où

$S(\lambda)$  est la répartition de l'intensité spectrale de l'illuminant normalisé ;

$x(\lambda)$ ,  $y(\lambda)$ ,  $z(\lambda)$  sont la fonction colorimétrique pour l'observateur de référence CIE 1931 ;

$R(\lambda)$  est le facteur de réflexion spectrale du DEE ;

$\Delta(\lambda)$  est l'intervalle de longueur d'onde du calcul des composantes trichromatiques.

Il est à noter que pour le calcul des composantes trichromatiques, le facteur de pondération approprié,  $S(\lambda)$  de l'ISO 11664-2:2007, Colorimétrie – Partie 2 : Illuminants colorimétriques normalisés CIE, 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.

#### 5.1.4.2 Colorimétrie photoélectrique des composantes trichromatiques

La méthode au photomètre à filtre permet d'obtenir des composantes trichromatiques dans l'espace chromatique XYZ de la CIE, au moyen d'un photomètre qui mesure la lumière réfléchie.

Les facteurs de pondération pour l'illuminant et le photomètre à filtre,  $S(\lambda)x(\lambda)$ ,  $S(\lambda)y(\lambda)$ ,  $S(\lambda)z(\lambda)$  correspondent aux valeurs données dans l'ISO 11664-2:2007, Colorimétrie – Partie 2: Illuminants colorimétriques normalisés CIE.

Pour réduire au minimum les risques d'erreurs, il convient que le système soit étalonné au moyen de l'étalon de travail du blanc (WWS) indiqué en 4.5 avant la mesure du DEE. Le processus de mesure est le suivant :

- a) Mesurer le WWS pour obtenir les composantes trichromatiques,  $X_c$ ,  $Y_c$ ,  $Z_c$ , puis déterminer les facteurs de correction correspondants,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ .

$$\alpha = X_s / X_c$$

$$\beta = Y_s / Y_c$$

$$\gamma = Z_s / Z_c$$

où  $X_s$ ,  $Y_s$  et  $Z_s$  sont des composantes trichromatiques du WWS étalonné au moyen du même type de photomètre que celui utilisé pour les mesures.

- b) Mesurer le DEE pour obtenir les composantes trichromatiques,  $X_m$ ,  $Y_m$ ,  $Z_m$ , puis calculer les composantes trichromatiques,  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  après application des facteurs de correction

$$X = \alpha X_m$$

$$Y = \beta Y_m$$

$$Z = \gamma Z_m$$

## 5.2 Rapport de contraste

### 5.2.1 Objectif

Détermination du rapport de contraste du DEE.

### 5.2.2 Appareillage de mesure

Ces mesures utilisent un LMD, une alimentation de puissance ou un générateur de signal d'excitation pour les dispositifs d'affichage à cristaux liquides et, si nécessaire, un dispositif de régulation de la température du DEE. Pour les mesures d'uniformité latérale, un dispositif de positionnement à deux axes peut également être nécessaire.

### 5.2.3 Méthode de mesure

Sélectionner l'un des systèmes de mesure normalisés et régler le DEE. Appliquer les signaux au dispositif de façon à ce que le DEE fonctionne dans des conditions nominales de

commande. Mesurer ensuite le DEE à la position  $p_0$  (le centre de la zone active de l'afficheur) en mode BLANC (100 % du signal de données en entrée ou du niveau vidéo) afin d'obtenir la valeur  $Y_{on}$  des composantes trichromatiques.

De la même manière, mesurer le DEE à la position  $p_0$  (le centre de la zone active de l'afficheur) en mode NOIR (0 % du signal de données en entrée ou du niveau vidéo) afin d'obtenir la valeur  $Y_{off}$  des composantes trichromatiques.

## 5.2.4 Définitions et évaluations

### 5.2.4.1

#### rapport de contraste

à l'état  $CR \geq 1$ , le rapport de contraste  $CR$  est défini de la manière suivante:

$$CR = \frac{Y_{on}}{Y_{off}} \quad \text{ou} \quad CR = \frac{Y_{off}}{Y_{on}} \quad (9)$$

NOTE Si la mesure est effectuée en utilisant un éclairage hémisphérique, le résultat peut être noté  $CR_{diff}$ ; s'il est utilisé un éclairage directionnel, le résultat des mesures peut être noté  $CR_{dir}$ .

### 5.2.4.2

#### rapport de contraste maximal

le rapport de contraste maximal est défini comme étant la valeur maximale que peut prendre  $CR$ , dans les conditions nominales de commande et quelle que soit la direction de visualisation

## 5.3 Direction de visualisation optimale / cône de lisibilité

### 5.3.1 Objectif /définition

La détermination des angles  $(\theta, \phi)$  auxquels le contraste maximal est obtenu (la direction de visualisation optimale) et le cône de lisibilité (largeur d'angle de vue dans les directions horizontale et verticale) pour lequel le dispositif présente un rapport de contraste supérieur à une valeur limite  $CR_{va}$  (Exemple,  $CR_{va} = 2, 3, 4, 5$  ou  $10$ ). La direction de visualisation nominale est la direction de visualisation préférentielle spécifiée par le fabricant (voir la spécification particulière cadre).

### 5.3.2 Appareillage de mesure

Ces mesures utilisent un LMD (luminancemètre ou colorimètre), une alimentation de puissance et un générateur de signal d'excitation, ainsi que des platines goniométriques (à la fois horizontales et verticales soit pour l'afficheur soit pour le détecteur).

### 5.3.3 Angle de visualisation

#### 5.3.3.1 Méthode de mesure

Les mesures sont réalisées en chambre noire, dans des conditions de mesure normalisées et dans la direction nominale de visualisation.

Sélectionner l'un des systèmes de mesure normalisés et régler le DEE. Déterminer la position de la source lumineuse et du LMD.

Déterminer la plage de mesures à utiliser pour la détermination du cône de lisibilité. Il convient de maintenir le rapport correct entre la source lumineuse et le LMD.

Mesurer le facteur de réflexion à l'état "on" ( $R_{on}, \theta, \phi$ ) et à l'état "off" ( $R_{off}, \theta, \phi$ ) dans la direction normale ainsi que sur l'ensemble des coordonnées  $\theta, \phi$  sélectionnées, conformément à 5.1.3.

### 5.3.3.2 Définitions et évaluations

Calculer, le cas échéant, le rapport de contraste sur la base des facteurs de réflexion mesurés pour chaque position, conformément à 5.2.4.1. Déterminer la largeur d'angle (dans le sens horizontal ou vertical ou les deux à la fois) où le paramètre évalué (facteur de réflexion, rapport de contraste) dépasse la valeur limite  $x$  choisie. L'angle de seuil est noté  $\theta(\phi, [x])$ .

Les cônes de lisibilité horizontal ( $VAR\_H$ ) et vertical ( $VAR\_V$ ) sont à présent définis par ce qui suit :

- Cône de lisibilité horizontal (facteur de réflexion =  $x\%$ ):  $VAR\_H[R:x] = \theta(0, [x]) + \theta(180, [x])$
- Cône de lisibilité vertical (facteur de réflexion =  $x\%$ ):  $VAR\_V[R:x] = \theta(90, [x]) + \theta(270, [x])$
- Cône de lisibilité horizontal (rapport de contraste =  $CR$ ):  $VAR\_H[CR:CR] = \theta(0, [x]) + \theta(180, [x])$
- Cône de lisibilité vertical (rapport de contraste =  $CR$ ):  $VAR\_V[CR:CR] = \theta(90, [x]) + \theta(270, [x])$ .

Exemple:

- Le cône de lisibilité horizontal pour un facteur de réflexion de 10 % est exprimé par  $VAR\_H[R: 10]$
- Le cône de lisibilité vertical va1 pour un facteur de réflexion de 10 % est exprimé par  $VAR\_V[R: 10]$
- Le cône de lisibilité horizontal va1 pour un rapport de contraste de 3 est exprimé par  $VAR\_H[CR: 3]$
- Le cône de lisibilité vertical va1 pour un rapport de contraste de 3 est exprimé par  $VAR\_V[CR: 3]$ .

### 5.3.3.3 Conditions spécifiées

Les éventuels écarts par rapport aux conditions de mesure normalisées doivent être enregistrés; en outre, les informations suivantes doivent être fournies:

- le système de mesure normalisé sélectionné et les conditions correspondantes ;
- les signaux d'excitation utilisés (formes d'ondes, tension et fréquence) ;
- les conditions de mesure des cônes de lisibilité (facteur de réflexion, rapport de contraste);
- les valeurs de référence du facteur de réflexion et du rapport de contraste.

## 5.3.4 Cône de lisibilité sans inversion de l'échelle des gris

### 5.3.4.1 Méthode de mesure

Les mesures sont réalisées en chambre noire, dans des conditions de mesure normalisées. Le signal d'image fourni au dispositif à la position  $p_0$  doit contenir  $N$  échelles de gris différentes, également réparties entre les niveaux de champs "noir" et "blanc", où  $N$  est supérieur ou égal à 8.

Pour chaque condition de mesure normalisée, fixer l'emplacement de la source lumineuse et incliner le photomètre vers la direction 12 heures  $\theta_{12, i}$ , du DEE, vers la direction 6 heures  $\theta_{6, i}$ , vers la direction 3 heures  $\theta_{3, i}$ , et vers la direction 9 heures  $\theta_{9, i}$ . Mesurer le facteur de réflexion correspondant à ces directions, conformément à 5.1.3. Pour chacune des quatre directions  $d$  ( $d = 12, 6, 3$  et  $9$ ), déterminer ensuite la valeur angulaire  $\theta_{d, n}$  où il n'y a aucune différence des facteurs de réflexion entre le niveau d'échelle de gris  $i$  et  $i + 1$  ( $i = 0$  à  $N-1$ ).

### 5.3.4.2 Définitions et évaluations

Les angles de visualisation dans les directions horizontale et verticale sans inversion du niveau de gris sont définis comme étant:

- angle de visualisation horizontal sans inversion du niveau de gris:

$$\theta_{GSI,H} = \theta_{3,n} + \theta_{9,n}$$

- angle de visualisation vertical sans inversion du niveau de gris:

$$\theta_{GSI,V} = \theta_{6,n} + \theta_{12,n}$$

### 5.3.4.3 Conditions spécifiées

Les éventuels écarts par rapport aux conditions de mesure normalisées doivent être enregistrés et les informations suivantes doivent être incluses:

- le système de mesure normalisé sélectionné et les conditions correspondantes;
- les signaux d'excitation utilisés (formes d'onde, tension et fréquence);
- les conditions de mesure des cônes de lisibilité (facteur de réflexion, rapport de contraste);
- la couleur primaire mesurée.

## 5.3.5 Facteur de réflexion spéculaire provenant de la surface de la zone active

### 5.3.5.1 Objectif

Les réflexions des sources de lumière ambiante provenant de la surface de l'afficheur sont très gênantes (éblouissement désagréable, éblouissement perturbateur) et il convient de les éviter ou du moins de les atténuer pour ne pas nuire aux performances visuelles des LCD. Dans la présente norme, seules les réflexions spéculaires sont prises en compte car, en général, les LCD ne comportent pas de composantes de réflexion diffuse lambertienne. La quantité de diffusion spéculaire provenant d'une surface mate peut être caractérisée par deux mesures du facteur de réflexion spéculaire approprié en utilisant différentes ouvertures de source lumineuse.

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

### 5.3.5.2 Appareillage de mesure

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

### 5.3.5.3 Méthode de mesure

Les mesures sont réalisées en chambre noire, dans des conditions de mesure normalisées et au centre de la zone active d'affichage. La source lumineuse, le DEE et le luminancemètre sont positionnés de manière à ce que la source et l'appareil de mesure soient coplanaires et inclinés à environ 15 ° par rapport à la normale de la surface du DEE, comme illustré à la Figure 17.

Source lumineuse exigée:

- La ou les sources lumineuses doivent fournir une luminance uniforme à travers leur pupille de sortie. L'écart de luminance doit être inférieur à 5 %.

- La luminance de la source lumineuse 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-à-bruit élevé du luminancemètre, la luminance de la source lumineuse doit être suffisamment élevée (par exemple 5 kcd/m<sup>2</sup> et plus).
- La répartition spectrale de la source lumineuse doit être spécifiée. Il est recommandé d'utiliser des sources lumineuses dont la température de couleur corrélée est aussi proche que possible de l'illuminant C.

Les angles d'ouverture de la ou des sources lumineuses sont mesurés à partir du centre du point de mesure situé sur le DEE. Aucune autre source lumineuse ne doit être impliquée dans la mesure (par exemple le DEE ne doit pas être éclairé par une unité de rétro-éclairage; le facteur de réflexion spéculaire peut cependant être évalué à l'état OFF, état «sombre» ou «lumineux» du DEE). Le luminancemètre doit être fixé sur l'orifice de sortie (c'est-à-dire l'ouverture) de la source lumineuse. Si la mise au point n'est pas possible en raison d'une surface diffusante du DEE (c'est-à-dire une couche anti-éblouissement), utiliser une lamelle de microscope ou une bande adhésive en plastique transparente 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 ° dans le cas d'une l'ouverture de source de 1 ° et 1 ° dans le cas d'une ouverture de source de 15 °. Le champ de mesure (c'est-à-dire le point de mesure) doit être centré à l'intérieur de l'ouverture de sortie de la source. Afin d'obtenir une indication pour les composants non spéculaires avec le facteur de réflexion, le facteur de réflexion du DEE est mesuré dans deux différentes conditions d'éclairement.

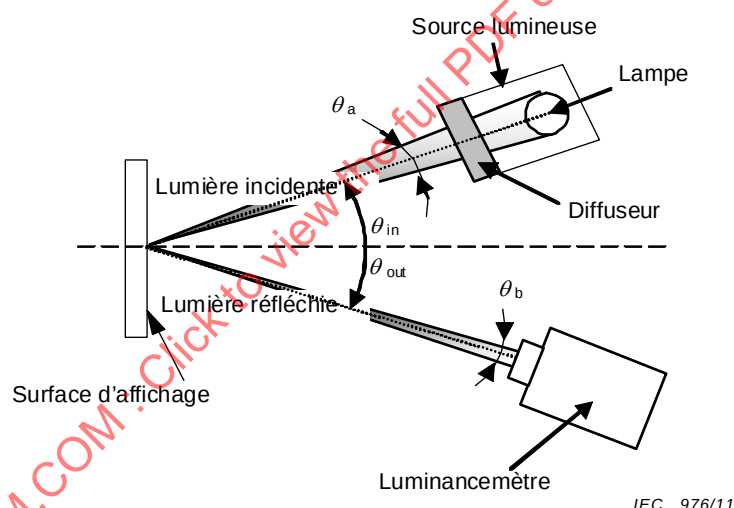


**Figure 17 – Exemple de montage normalisé pour les mesures de réflexion spéculaire**

Le signal de puissance et le signal d'excitation ne sont pas fournis au dispositif. L'angle observé par le luminancemètre sur la surface d'affichage doit être:

$$\theta_{\text{out}} = \theta_{\text{in}} \quad (10)$$

Il convient que l'angle d'ouverture total de la lumière d'éclairement soit  $\theta_a = 1^\circ$  pour la mesure de  $R_1$  et  $\theta_a = 15^\circ$  pour la mesure de  $R_{15}$ . L'angle total d'ouverture du luminancemètre doit être  $0,1^\circ < \theta_b < 0,5^\circ$  et être maintenu fixe et égal au cours des deux mesures. La distance entre la surface du DEE et la source lumineuse est  $l_1$  (généralement égale à 50 cm); la distance entre la surface du DEE et le luminancemètre est  $l_2$  (de même souvent égale à 50 cm).

Mesurer la luminance à partir de la source  $L_R [i]$  après réflexion provenant du DEE sur la position centrale ( $i = 0$ ). Le détecteur doit être mis au point sur la lampe (plutôt que la surface d'affichage). Etalonner la source lumineuse en positionnant le luminancemètre directement

devant la source lumineuse à une distance égale à  $l_1 + l_2$ ; mesurer ensuite  $L_{01}$  et  $L_{15}$  aux deux ouvertures de la source lumineuse,  $1^\circ$  et  $15^\circ$ .

#### 5.3.5.4 Définitions et évaluation

Le facteur de réflexion spéculaire à partir de la position centrale  $R [i=0]$  est donné par les Equations (11) et (12):

$$R_1[0] = \frac{L_R[0]}{L_{01}} \quad (\theta_a = 1^\circ) \quad (11)$$

$$R_{15}[0] = \frac{L_R[0]}{L_{15}} \quad (\theta_a = 15^\circ) \quad (12)$$

Lorsque la diffusion augmente, la différence entre  $R_1$  et  $R_{15}$  augmente également. La surface non diffusante parfaitement plane ne présente aucune différence entre  $R_1$  et  $R_{15}$ .

#### 5.3.5.5 Conditions spécifiées

Les éventuels écarts par rapport aux conditions de mesure normalisées doivent être enregistrés et les informations suivantes doivent être incluses:

- les angles de la lumière incidente ( $\theta_{in}$ ) et de la lumière réfléchie vers le luminancemètre ( $\theta_{out}$ );
- les angles d'ouverture de la source lumineuse ( $\theta_a$ ) et du luminancemètre;
- le type de source lumineuse (spectre et luminance);
- l'état des signaux d'excitation du dispositif d'affichage.

NOTE Du fait de la probabilité d'erreur plus élevée qu'elle comporte, il convient que l'utilisation d'une géométrie de source de  $1^\circ$  fasse l'objet d'un soin particulier.

### 5.4 Chromaticité

#### 5.4.1 Objectif

Cette méthode est appliquée aux mesures de chromaticité des dispositifs d'affichage à cristaux liquides. Cette mesure est utile uniquement pour les afficheurs de type matriciel.

#### 5.4.2 Appareillage de mesure

Ces mesures utilisent un LMD (spectrophotomètre ou colorimètre), une alimentation de puissance et un générateur de signal d'excitation pour les dispositifs d'affichage à cristaux liquides.

#### 5.4.3 Méthode de mesure

Les mesures sont prises à la position  $p_0$  (au centre de l'afficheur). Les valeurs maximales des signaux d'entrée de couleurs primaires R (rouge), G (green – vert) et B (bleu) sont simultanément appliquées au dispositif. Régler ensuite le contraste maximal correspondant à cette valeur des primaires d'entrée. Mesurer ensuite le DEE à la position  $p_0$  (le centre de la zone active de l'afficheur) de manière à obtenir les composantes trichromatiques,  $X_{on}$ ,  $Y_{on}$ ,  $Z_{on}$ .

- a) Placer le WWS dans la position où sera placé le DEE pour une mesure effectuée ultérieurement et mesurer  $X_{wws}$ ,  $Y_{wws}$ ,  $Z_{wws}$ . Utiliser les données de mesure en vue de l'étalonnage du dispositif de mesure de la lumière (LMD, *Light Measuring Device*), ou pour corriger ultérieurement des données de mesures.

- b) Placer le DEE à la position  $p_0$  (centre de la zone active de l'afficheur) et appliquer la valeur maximale des signaux d'entrée des couleurs primaires R (rouge), V (vert) et B (bleu) simultanément au dispositif. Régler ensuite le contraste maximal correspondant à cette valeur des primaires d'entrée. Mesurer ensuite le DEE de manière à obtenir les composantes trichromatiques;  $X_{on}$ ,  $Y_{on}$ ,  $Z_{on}$ .
- c) Placer le DEE et appliquer les signaux au dispositif de façon à obtenir des conditions de NOIR saturé. Mesurer ensuite la position  $p_0$  de manière à obtenir les composantes trichromatiques;  $X_{off}$ ,  $Y_{off}$ ,  $Z_{off}$ .
- d) Si nécessaire, appliquer les signaux correspondant à tout état intermédiaire (gris). Puis, pour n états intermédiaires, mesurer la position  $p_0$  permettant d'obtenir les composantes trichromatiques  $X_{g1}..X_{gn}$ ;  $Y_{g1}..Y_{gn}$ ;  $Z_{g1}..Z_{gn}$ .
- e) Enfin appliquer séparément le signal maximal d'entrée de données R au dispositif, l'entrée des données du jeu complémentaire de primaires étant réglée au minimum ou zéro, et mesurer les composantes trichromatiques de la couleur rouge;  $X_R$ ,  $Y_R$ ,  $Z_R$ .
- f) De la même manière, mesurer les composantes trichromatiques des couleurs verte et bleue; respectivement  $X_G$ ,  $Y_G$ ,  $Z_G$ , et  $X_B$ ,  $Y_B$ ,  $Z_B$ .

#### 5.4.4 Définitions et évaluations

##### 5.4.4.1 Chromaticité

Les coordonnées trichromatiques du BLANC saturé,  $x_{on}$ ,  $y_{on}$ , les coordonnées trichromatiques du NOIR saturé,  $x_{off}$ ,  $y_{off}$  et les coordonnées trichromatiques des états intermédiaires ( $x_{gn}$ ,  $y_{gn}$ ) sont définies par les Equations (13), (14) et (15):

$$x_{on} = \frac{X_{on}}{X_{on} + Y_{on} + Z_{on}}, \quad y_{on} = \frac{Y_{on}}{X_{on} + Y_{on} + Z_{on}} \quad (13)$$

$$x_{off} = \frac{X_{off}}{X_{off} + Y_{off} + Z_{off}}, \quad y_{off} = \frac{Y_{off}}{X_{off} + Y_{off} + Z_{off}} \quad (14)$$

$$x_{gn} = \frac{X_{gn}}{X_{gn} + Y_{gn} + Z_{gn}}, \quad y_{gn} = \frac{Y_{gn}}{X_{gn} + Y_{gn} + Z_{gn}} \quad (15)$$

##### 5.4.4.2 Chromaticité des primaires

Les coordonnées trichromatiques du signal saturé des primaires sont notées  $Rx_{on}$ ,  $Ry_{on}$ ,  $Gx_{on}$ ,  $Gy_{on}$ ,  $Bx_{on}$ ,  $By_{on}$  respectivement pour le rouge, le vert et le bleu. Elles sont calculées selon les Equations (16), (17) et (18) :

$$Rx_{on} = \frac{X_{on}}{X_{on} + Y_{on} + Z_{on}}, \quad Ry_{on} = \frac{Y_{on}}{X_{on} + Y_{on} + Z_{on}} \quad (16)$$

$$Gx_{on} = \frac{X_{on}}{X_{on} + Y_{on} + Z_{on}}, \quad Gy_{on} = \frac{Y_{on}}{X_{on} + Y_{on} + Z_{on}} \quad (17)$$

$$Bx_{on} = \frac{X_{on}}{X_{on} + Y_{on} + Z_{on}}, \quad By_{on} = \frac{Y_{on}}{X_{on} + Y_{on} + Z_{on}} \quad (18)$$

#### 5.4.4.3 Chromaticité en fonction de la direction de visualisation

La chromaticité peut être évaluée en fonction de la direction de visualisation selon la même méthode que celle utilisée pour la mesure du cône de lisibilité. La chromaticité peut être utilisée en lieu et place du facteur de réflexion et du rapport de contraste, comme paramètre pour déterminer la largeur d'angle pour laquelle la chromaticité s'inscrit dans des limites données.

#### 5.4.4.4 Reproduction de la couleur

Les coordonnées trichromatiques des *primaires*  $R (x_R, y_R)$ ,  $G (x_G, y_G)$  et  $B (x_B, y_B)$  sont définies par les Equations (19), (20) et (21):

$$x_R = \frac{X_R}{X_R + Y_R + Z_R}, \quad y_R = \frac{Y_R}{X_R + Y_R + Z_R} \quad (19)$$

$$x_G = \frac{X_G}{X_G + Y_G + Z_G}, \quad y_G = \frac{Y_G}{X_G + Y_G + Z_G} \quad (20)$$

$$x_B = \frac{X_B}{X_B + Y_B + Z_B}, \quad y_B = \frac{Y_B}{X_B + Y_B + Z_B} \quad (21)$$

La gamme des couleurs est représentée, dans le diagramme de chromaticité  $x$ - $y$ , par le triangle que constituent les points de couleur mesurés ci-dessus  $(x_R, y_R)$ ,  $(x_G, y_G)$  et  $(x_B, y_B)$  constituant les sommets dudit triangle.

#### 5.4.5 Conditions spécifiées

Les éventuels écarts par rapport aux conditions de mesure normalisées doivent être enregistrés et les informations suivantes doivent être incluses:

- le système de mesure normalisé sélectionné et les conditions correspondantes;
- les signaux d'excitation utilisés (formes d'onde, tension et fréquence);
- les points de mesure ;
- le niveau de gris par couleur primaire mesurée.

### 5.5 Fonction de transfert électro-optique – Grandeurs photométriques

#### 5.5.1 Objectif

L'objectif de cette procédure de mesure est d'obtenir la relation existant entre les paramètres de commande électrique du DEE et la réponse optique qui en résulte dans des conditions spécifiées. Selon la nature du DEE, les paramètres électriques peuvent être spécifiés en niveaux de tensions analogiques (niveaux vidéo), ou en niveaux d'entrées numériques (par exemple valeurs numériques  $R, G, B$ ).

#### 5.5.2 Montage

Le DEE doit être placé dans le dispositif de mesure (à choisir parmi les dispositifs normalisés disponibles); on doit également s'assurer que toutes les conditions exigées sont remplies.

Toutes les sources d'éclairage du dispositif choisi doivent être mises sous tension; on les laisse se stabiliser (voir 4.7.2) avant de lancer le processus de mesure.

Le DEE doit être mis sous tension; on le laisse se stabiliser (voir 4.7.2) avant de lancer le processus de mesure.

### 5.5.3 Procédure

Le premier jeu de paramètres de commande électrique (c'est-à-dire une ou des tensions d'entrée analogiques ou des signaux d'entrée numériques) doit être appliqué au DEE; après un temps de repos permettant au DEE d'atteindre un état stable de réponse optique, les grandeurs optiques d'intérêt (c'est-à-dire la luminance, la répartition spectrale de la radiance ou les composantes trichromatiques) doivent être mesurées. Un nouveau jeu de signaux d'excitation est appliqué et la procédure est recommencée.

La procédure de mesure peut être formellement décrite de la manière suivante:

- a) Appliquer le signal d'excitation.
- b) Attendre que la réponse optique se stabilise.
- c) Mesurer la luminance, la répartition spectrale de la radiance ou les composantes trichromatiques.
- d) Revenir à l'étape a) ci-dessus.

Le résultat immédiat de la procédure de mesure est une matrice de **valeurs de luminance**  $L_i$  (DEE) obtenue à partir du dispositif de mesure de la lumière (c'est-à-dire directement obtenue à partir de la répartition spectrale de la radiance ou à partir des composantes trichromatiques) en fonction des paramètres de commande électrique (entrée analogique ou numérique).

| Valeur de luminance | Commande électrique |
|---------------------|---------------------|
| $L_i$               | $ED_i$              |
| $i = 0 \dots n$     |                     |

Une fois terminées toutes les mesures du DEE, il est remplacé par un étalon de référence (ici: un étalon de référence du facteur de réflexion diffuse), toutes les conditions de géométrie et d'éclairage étant conservées inchangées et constantes. La luminance réfléchie par l'étalon étalonné du facteur de réflexion diffuse est ensuite mesurée.

### 5.5.4 Evaluation et représentation

Le facteur de réflexion  $R$  (CIE 17.4) utilisé pour la caractérisation du facteur de réflexion du DEE, à chaque état de commande électrique ( $ED_i$ ) est obtenu selon l'Equation (22):

$$R(ED_i) = R(\text{étal}) \times L_i(\text{DEE}) / L(\text{étal}) \quad (22)$$

Le résultat est une matrice de valeurs du facteur de réflexion  $R(ED_i)$  en fonction de l'état de commande électrique pour un dispositif d'éclairage spécifique et pour une orientation spécifique du dispositif de mesure de la lumière.

Ces valeurs peuvent être présentées sous forme de liste ou sous forme de graphique dans un schéma au moyen, par exemple, de coordonnées cartésiennes.

Diverses caractéristiques intrinsèques peuvent être évaluées à partir de la matrice de valeurs du facteur de réflexion obtenue en fonction de l'état de commande électrique, selon les exigences respectives, par exemple l'exposant  $\gamma$  ( $L = \text{exp. d'entrée}(\gamma)$ ).