

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Plasma display panels –
Part 2-4: Measuring methods – Visual quality: Image artifacts**

**Panneaux d'affichage à plasma –
Partie 2-4: Méthodes de mesure – Qualité visuelle: Artéfacts d'image**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 61988-2-4

Edition 1.0 2011-08

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Plasma display panels –
Part 2-4: Measuring methods – Visual quality: Image artifacts**

**Panneaux d'affichage à plasma –
Partie 2-4: Méthodes de mesure – Qualité visuelle: Artéfacts d'image**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 31.260

ISBN 978-2-88912-660-6

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Structure of measuring equipment	7
5 Standard measuring conditions.....	8
5.1 General.....	8
5.2 Adjustment of PDP modules	8
6 Measuring methods	8
6.1 Viewing angle.....	8
6.1.1 Purpose.....	8
6.1.2 Equipment	8
6.1.3 Measuring equipment setup.....	8
6.1.4 Measuring method of half luminance viewing angle	9
6.1.5 Measuring method of half contrast viewing angle.....	10
6.1.6 Measuring method of 10:1 Contrast ratio viewing angle	11
6.1.7 Measuring method of colour viewing angle	12
6.2 Image streaking.....	13
6.2.1 Purpose.....	13
6.2.2 Equipment	13
6.2.3 Measuring method of image streaking	13
6.3 Flicker.....	17
6.3.1 Purpose.....	17
6.3.2 Equipment	17
6.3.3 Measuring method of flicker.....	17
6.4 Moving picture resolution	19
6.4.1 General	19
6.4.2 Subjective measuring method of Moving Picture Resolution	20
6.4.3 Objective measuring method of moving picture resolution.....	22
Annex A (informative) Simulation method of moving picture resolution.....	27
Annex B (informative) Technical description on moving picture resolution.....	32
Bibliography.....	35
Figure 1 – Measuring equipment setup and example of measuring results for horizontal and vertical viewing angles.....	9
Figure 2 – Low APL image streaking patterns and measuring points.....	15
Figure 3 – High APL image streaking patterns and measuring points	16
Figure 4 – Measuring systems and its arrangement	18
Figure 5 – Flicker sensitivity curve	18
Figure 6 – Measured luminance frequency spectrum.....	19
Figure 7 – Image pattern for the evaluation of resolution.....	22
Figure 8 – Peak level and amplitude of the test signal	24
Figure 9 – Example of captured image.....	25
Figure 10 – Example of Fourier transform	25
Figure 11 – Example of limit resolution evaluation	26

Figure A.1 – The simulation principle of motion artifacts for a 5-bit binary subfield arrangement	28
Figure A.2 – Set-up to measure the temporal step response	29
Figure A.3 – Simulation of modulation transfer function (MTF) at the different special frequencies	31
Figure B.1 – Example of sub-sampling	33
Figure B.2 – Effect of the sub-sampling method and 0,5 ppf motion in the resolution	34
Table 1 – Example of half luminance viewing angle	10
Table 2 – Example of half contrast viewing angle	11
Table 3 – Example of 10:1 contrast ratio viewing angle	12
Table 4 – Example of colour viewing angle	13
Table 5 – Example of image streaking ratio report	17
Table 6 – Flicker level report table	19
Table 7 – Comparison of units for moving speed	21

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PLASMA DISPLAY PANELS –

**Part 2-4: Measuring methods –
Visual quality: Image artifacts**

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 61988-2-4 has been prepared by IEC technical committee 110: Flat panel display devices.

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

FDIS	Report on voting
110/260/CDV	110/297/RVC

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 61988 series, under the general title *Plasma display panels*, can be found on the IEC website.

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

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

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

PLASMA DISPLAY PANELS –

Part 2-4: Measuring methods – Visual quality: Image artifacts

1 Scope

This part of IEC 61988 determines the measuring methods for characterizing the performance of plasma display panel (PDP) modules in the following areas:

- a) viewing angle;
- b) image streaking;
- c) flicker;
- d) moving picture resolution.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of these standards. For standards with explicit dates, only the edition cited applies. For standards references, the latest edition of the referenced standard (including any amendments) applies.

IEC 60068-1:1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60107-1:1997, *Methods of measurement on receivers for television broadcast transmissions – Part 1: General considerations – Measurements at radio and video frequencies*

IEC 61988-1:2003, *Plasma display panels – Part 1: Terminology and letter symbols*

IEC 61988-2-1:2002, *Plasma display panels – Part 2-1: Measuring methods – Optical*

IEC 61988-2-2:2003, *Plasma display panels – Part 2-2: Measuring methods – Optoelectrical*

CIE 15:2004, *Colorimetry, 3rd Edition*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61988-1, IEC 60068-1, and IEC 60107-1, as well as the following apply.

3.1

viewing angle

angular range over which a display can be viewed with acceptable specified visual performance

NOTE This document specifies two types of viewing angle regarding the viewing direction, such as horizontal and vertical.

3.2

half luminance viewing angle

viewing angle over which the luminance is equal or higher than half of the luminance measured at the angle perpendicular to the screen

3.3**half contrast viewing angle**

viewing angle over which the contrast ratio is equal or higher than half of the contrast ratio measured at the angle perpendicular to the screen

3.4**10:1 contrast ratio viewing angle**

viewing angle over which the contrast ratio is equal or higher than 10:1

3.5**colour viewing angle**

viewing angle over which the chromaticity shift $\Delta(u',v')$ is equal or less than specified threshold value

3.6**image streaking**

variance in luminance with changing vertical or horizontal line load

3.7**flicker**

unintended but perceptible temporal periodic fluctuation in luminance

3.8**moving picture resolution**

perceived number of picture lines for moving pictures on the display screen

NOTE Moving picture resolution is not determined only by the physical pixel number of the panel (termed "addressability"), but also by the moving picture performance in terms of motion artefacts. The resolution is expressed in picture line in the document and it can be easily converted to well-known TV-line.

3.9**modulation transfer function****MTF**

ratio of the final to the initial signal amplitude as a function of spatial frequency

NOTE MTF is the magnitude part of optical transfer function (OTF).

3.10**limit resolution**

maximum number of picture lines which observer can distinguish excepting spurious resolution

NOTE See Figure 7.

3.11**spurious resolution**

phenomenon occurring at a spatial frequency higher than the limit resolution in which the observed pattern of the resolution chart is different from the original pattern

NOTE Spurious resolution is usually recognized as a change of the number of lines. For example four lines become three lines or five lines. See Figure 7.

4 Structure of measuring equipment

The system diagrams and/or operating conditions of the measuring equipment shall comply with the structure specified in each item.

5 Standard measuring conditions

5.1 General

The standard measuring conditions defined in IEC 61988-2-1 and IEC 61988-2-2 shall be used, and also the following conditions shall be applied.

5.2 Adjustment of PDP modules

For contrast adjustable PDP modules, adjust the contrast to the maximum value under the standard environmental conditions.

Automatic control functions such as auto-power control (APC), image sticking prevention mode, etc., by which the display luminance could change during the measurement shall be turned off or the activation of these functions shall be avoided by some measuring procedures described below.

When the displayed luminance could be changed by some automatic control functions included in the PDP module and turning off these functions is not convenient, a procedure using sequentially changing input images or a procedure using a turn-on, measure and turn-off sequence shall be applied.

For the procedure of sequentially changing input images, the input signals shall be changed just before the display luminance is changed and the measurement shall be carried out when the measured image is displayed. The input signal, except the measured image, should be any suitable signal that disables the automatic control functions mentioned above. For the procedure of using a turn-on, measure and turn-off sequence, the PDP module shall be sequentially turned off and turned on just before the displayed luminance is changed. The measurement shall be carried out when the measured image is displayed.

The displayed luminance of both procedures mentioned above usually remains constant for several minutes which is enough for a stable measurement with a light measurement device.

6 Measuring methods

6.1 Viewing angle

6.1.1 Purpose

The purpose of this method is to measure the horizontal and vertical viewing angle of half luminance, half contrast, 10:1 contrast ratio, and colour of the PDP modules.

6.1.2 Equipment

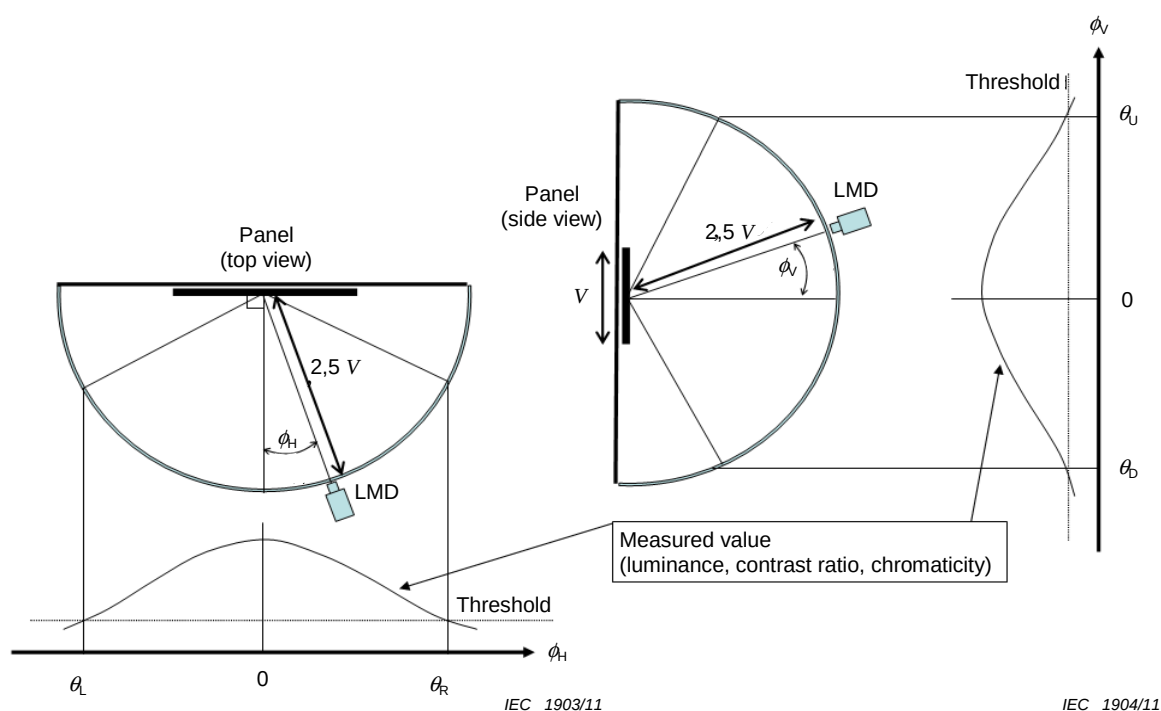
The following equipment shall be used:

- a) driving power source;
- b) driving signal equipment;
- c) light measuring device (LMD);
- d) angle measuring equipment.

6.1.3 Measuring equipment setup

Measurements shall be carried out with the measuring equipment setup shown in Figure 1. For the upward/downward arrangement of LMD, PDP module may be tilted instead of movement of LMD. Care shall be taken to avoid the influence of light from the surround. When a different measuring equipment setup is used, it shall be noted on the report. Figure 1 also

shows an example of measured results. Distance between the PDP module and LMD shall be set according to 5.3.3 of IEC 61988-2-1:2002.



(a) Horizontal viewing angle

(b) Vertical viewing angle

Key

- ϕ_H horizontal angle of the LMD to the screen (variable)
- ϕ_V vertical angle of the LMD to the screen (variable)
- θ_L left viewing angle
- θ_R right viewing angle
- θ_U upward viewing angle
- θ_D downward viewing angle
- V screen height

Threshold values are defined for each measuring item, e.g. half luminance, half contrast ratio etc.

Figure 1 – Measuring equipment setup and example of measuring results for horizontal and vertical viewing angles

6.1.4 Measuring method of half luminance viewing angle

6.1.4.1 Procedure

The measurement shall be carried out in following procedure:

- a) arrange the light measuring device (LMD) which should be positioned as shown in Figure 1;
- b) apply the 4 % window specified in IEC 61988-2-1 with the level of 100 % to the PDP module;
- c) measure the luminance at the angle perpendicular to the screen;
- d) change angle to the left or right using a goniometric positioning device such as a rotating platter and discrete angle gauge blocks to assure accurate angular alignments ($\pm 1^\circ$) between the direction of light measuring device and the screen perpendicular;

- e) measure luminance in the screen centre at each angle;
- f) find right viewing angle (θ_R) and left viewing angle (θ_L) where the luminance value is half of the luminance measured at the angle perpendicular to the screen;

NOTE The critical viewing angles, θ_R and θ_L are obtained by making plots of the measured values for each measurement angle.

- g) calculate horizontal viewing angle θ_H as follows:

$$\theta_H = \theta_L + \theta_R$$

- h) repeat a) to f) to measure the upward and downward viewing angles θ_U and θ_D similarly.

- i) calculate vertical viewing angle θ_V as follows:

$$\theta_V = \theta_U + \theta_D.$$

6.1.4.2 Expression of results

An example of measured and calculated angle values is shown in Table 1.

Table 1 – Example of half luminance viewing angle

Half luminance viewing angle					
Horizontal			Vertical		
Left viewing angle	Right viewing angle	Horizontal viewing angle	Upward viewing angle	Downward viewing angle	Vertical viewing angle
θ_{L_LIMIT} degree	θ_{R_LIMIT} degree	θ_H degree	θ_{U_LIMIT} degree	θ_{D_LIMIT} degree	θ_V degree
85	85	170	85	85	170

6.1.5 Measuring method of half contrast viewing angle

6.1.5.1 Procedure

The measurement shall be carried out in following procedure:

- a) apply appropriate test signals (see c)) to the PDP module;
- b) arrange the luminance meter to measure the luminance at screen centre from the perpendicular direction;
- c) make contrast ratio measurement specified in 6.3 of IEC 61988-2-1:2002, using 4 % window pattern at centre screen;
- d) change angle to the left or right using a goniometric positioning device such as a rotating platter and discrete angle gauge blocks to assure accurate angular alignments ($\pm 1^\circ$) between the direction of light measuring device and the screen perpendicular;
- e) measure contrast ratio in the screen centre at each angle;
- f) find right viewing angle(θ_R) and left viewing angle(θ_L) which have half maximum contrast ratio value;

NOTE The critical viewing angles, θ_R and θ_L are obtained by making plots of the measured values for each measurement angle.

- g) calculate horizontal viewing angle θ_H as follows:

$$\theta_H = \theta_L + \theta_R$$

- h) repeat a) to f) to measure the vertical viewing angle similarly;

- i) calculate vertical viewing angle θ_V as follows:

$$\theta_V = \theta_U + \theta_D.$$

6.1.5.2 Expression of results

An example of measured and calculated angle values is shown in Table 2.

Table 2 – Example of half contrast viewing angle

Half contrast viewing angle					
Horizontal			Vertical		
Left viewing angle	Right viewing angle	Horizontal viewing angle	Upward viewing angle	Downward viewing angle	Vertical viewing angle
θ_{L_LIMIT} degrees	θ_{R_LIMIT} degrees	θ_H degrees	θ_{U_LIMIT} degrees	θ_{D_LIMIT} degrees	θ_V degrees
85	85	170	85	85	170

6.1.6 Measuring method of 10:1 Contrast ratio viewing angle

6.1.6.1 General

10:1 contrast ratio is known as a criterion of contrast ratio for readability of letters or characters. So this 10:1 contrast ratio viewing angle specifies a viewing angle for simple readability of the display.

6.1.6.2 Procedure

The measurement shall be carried out in following procedure:

- apply appropriate test signals (see c)) to the PDP module;
- arrange the luminance meter to measure the luminance at screen centre from the perpendicular direction;
- make contrast ratio measurement specified in 6.3 of IEC 61988-2-1:2002, using 4 % window pattern at centre screen;
- change angle to the left or right using a goniometric positioning device such as a rotating platter and discrete angle gauge blocks to assure accurate angular alignments ($\pm 1^\circ$) between the direction of light measuring device and the screen perpendicular;
- measure contrast ratio in the screen centre at each angle;
- find right viewing angle(θ_R) and left viewing angle(θ_L) which have 10:1 contrast ratio value.

NOTE The critical viewing angles, θ_R and θ_L are obtained by making plots of the measured values for each measurement angle.

If the measured value is over 10:1 at all angles measured then note that the viewing angle is greater than the largest angle measured. The largest angle measured shall be noted on the report;

- calculate horizontal viewing angle θ_H as follows:

$$\theta_H = \theta_L + \theta_R;$$

- repeat a) to f) to measure the vertical viewing angle similarly;
- calculate vertical viewing angle θ_V as follows:

$$\theta_V = \theta_U + \theta_D.$$

6.1.6.3 Expression of results

An example of measured and calculated angle values is shown in Table 3.

Table 3 – Example of 10:1 contrast ratio viewing angle

10:1 contrast ratio viewing angle					
Horizontal			Vertical		
Left viewing angle	Right viewing angle	Horizontal viewing angle	Upward viewing angle	Downward viewing angle	Vertical viewing angle
θ_{L_LIMIT} degrees	θ_{R_LIMIT} degrees	θ_H degrees	θ_{U_LIMIT} degrees	θ_{D_LIMIT} degrees	θ_V degrees
>85	>85	>170	>85	>85	>170
The largest measured angle is 85° for all directions.					

6.1.7 Measuring method of colour viewing angle

6.1.7.1 General

Colour viewing angles are determined for viewing angle directions, where chromaticity shift $\Delta(u',v')$ of white corresponding to the perpendicular values is smaller than 0,01, or any other agreed-upon threshold value:

$$\Delta(u',v') = (\Delta u'^2 + \Delta v'^2)^{1/2}$$

where

$$\Delta u' = u'_\varphi - u'_0,$$

$$\Delta v' = v'_\varphi - v'_0,$$

(u'_φ, v'_φ) : measured chromaticity (u', v') for each measurement angle φ ,

(u'_0, v'_0) : measured chromaticity (u', v') as a reference measured from perpendicular direction.

It is permitted to use the following chromaticity, after transforming x, y chromaticity coordinates to u', v' of chromatic value:

$$u' = 4x / (3 - 2x + 12y);$$

$$v' = 9y / (3 - 2x + 12y);$$

where x and y are CIE1931 chromaticity coordinates defined in CIE 15 and u' and v' are CIE 1976 UCS diagram coordinates defined in CIE 15.

6.1.7.2 Procedure

The measurement shall be carried out in following procedure:

- apply the 4 % window specified in IEC 61988-2-1 with the level of 100 % as a test signal to the PDP module. Other colours can be used if desired;
- arrange the light measuring device to measure colour at screen centre from the perpendicular direction;
- measure perpendicular colour coordinate;
- change angle to the left or right using a goniometric positioning device such as a rotating platter and discrete angle gauge blocks to assure accurate angular alignments ($\pm 1^\circ$) between the direction of light measuring device and the screen perpendicular;
- measure colour coordinates in the screen centre at each angle;
- find right viewing angle(θ_R) and left viewing angle(θ_L) which have $\Delta(u',v')$ in 0,01;

NOTE The critical viewing angles, θ_R and θ_L are obtained by making plots of the measured values for each measurement angle.

g) calculate horizontal viewing angle θ_H as follows:

$$\theta_H = \theta_L + \theta_R;$$

h) repeat a) to f) to measure the vertical viewing angle similarly;

i) calculate vertical viewing angle θ_V as follows:

$$\theta_V = \theta_U + \theta_D.$$

6.1.7.3 Expression of results

An example of measured and calculated angle values is shown in Table 4.

Table 4 – Example of colour viewing angle

Colour viewing angle					
Horizontal			Vertical		
Left viewing angle	Right viewing angle	Horizontal viewing angle	Upward viewing angle	Downward viewing angle	Vertical viewing angle
θ_{L_LIMIT} degrees	θ_{R_LIMIT} degrees	θ_H degrees	θ_{U_LIMIT} degrees	θ_{D_LIMIT} degrees	θ_V degrees
85	85	170	85	85	170

6.2 Image streaking

6.2.1 Purpose

The purpose of this method is to measure the image streaking of the PDP modules.

6.2.2 Equipment

The following equipment shall be used:

- driving power source;
- driving signal equipment;
- light measuring device.

6.2.3 Measuring method of image streaking

6.2.3.1 Preparation

The PDP modules shall be set in the standard measuring conditions in the dark room conditions.

6.2.3.2 Procedure

Two types of the test patterns, high and low average picture level (APL), as shown in Figure 2 and Figure 3 shall be applied to measure image streaking. The white area is level 100 % white and the black area is level 0 % black respectively in each figure of Figure 2 and Figure 3.

- Apply pattern L1 and measure the luminance value L_{A1} , L_{B1} at the point P_{A1} , P_{B1} in Figure 2 (a).

- b) Apply pattern L2 and measure the luminance values of L_{A2} , L_{B2} at the point P_{A2} , P_{B2} in Figure 2 (b).
- c) Apply pattern L3 to L6 and measure the luminance values of L_{A3} , L_{B3} , L_{A4} , L_{B4} , L_{A5} , L_{B5} , L_{A6} , L_{B6} at the point P_{A3} to P_{A6} and P_{B3} to P_{B6} in Figure 2 (c) to (f).
- d) Calculate Image streaking ratio (ISTR) for Low APL at left, centre, and right position on the screen as follows:

$$ISTR_{LL} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{L_{A1}}{L_{B1}} \times 100 + \frac{L_{B2}}{L_{A2}} \times 100 \right) [\%]$$

$$ISTR_{LC} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{L_{A3}}{L_{B3}} \times 100 + \frac{L_{B4}}{L_{A4}} \times 100 \right) [\%]$$

$$ISTR_{LR} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{L_{A5}}{L_{B5}} \times 100 + \frac{L_{B6}}{L_{A6}} \times 100 \right) [\%]$$

$ISTR_{LL}$: image streaking ratio for low APL at left position

$ISTR_{LC}$: image streaking ratio for low APL at centre position

$ISTR_{LR}$: image streaking ratio for low APL at right position

- e) Apply pattern H1 and measure the luminance value L_{C1} , L_{D1} at the point P_{C1} , P_{D1} in Figure 3 (a).
- f) Apply pattern H2 and measure the luminance value L_{C2} , L_{D2} at the point P_{C2} , P_{D2} in Figure 3 (b).
- g) Apply pattern H3 to H6 and measure the luminance values of L_{C3} , L_{D3} , L_{C4} , L_{D4} , L_{C5} , L_{D5} , L_{C6} , and L_{D6} at the point P_{C3} to P_{C6} and P_{D3} to P_{D6} in Figure 3 (c) to (f).
- h) Calculate Image streaking ratio (ISTR) for High APL at left, centre, and right position on the screen as follows:

$$ISTR_{HL} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{L_{D1}}{L_{C1}} \times 100 + \frac{L_{C2}}{L_{D2}} \times 100 \right) [\%]$$

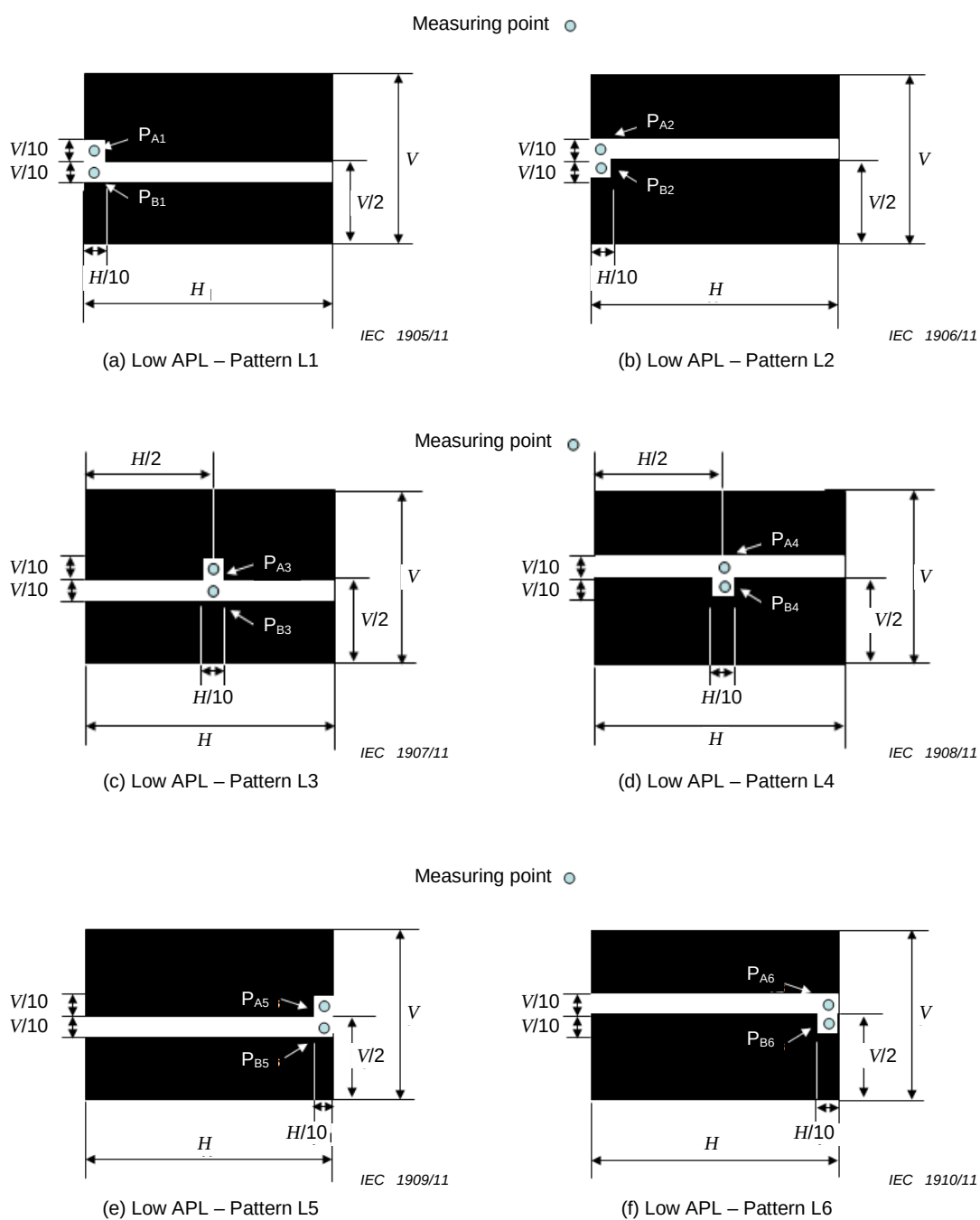
$$ISTR_{HC} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{L_{D3}}{L_{C3}} \times 100 + \frac{L_{C4}}{L_{D4}} \times 100 \right) [\%]$$

$$ISTR_{HR} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{L_{D5}}{L_{C5}} \times 100 + \frac{L_{C6}}{L_{D6}} \times 100 \right) [\%]$$

$ISTR_{HL}$: image streaking ratio for high APL at left position

$ISTR_{HC}$: image streaking ratio for high APL at centre position

$ISTR_{HR}$: image streaking ratio for high APL at right position

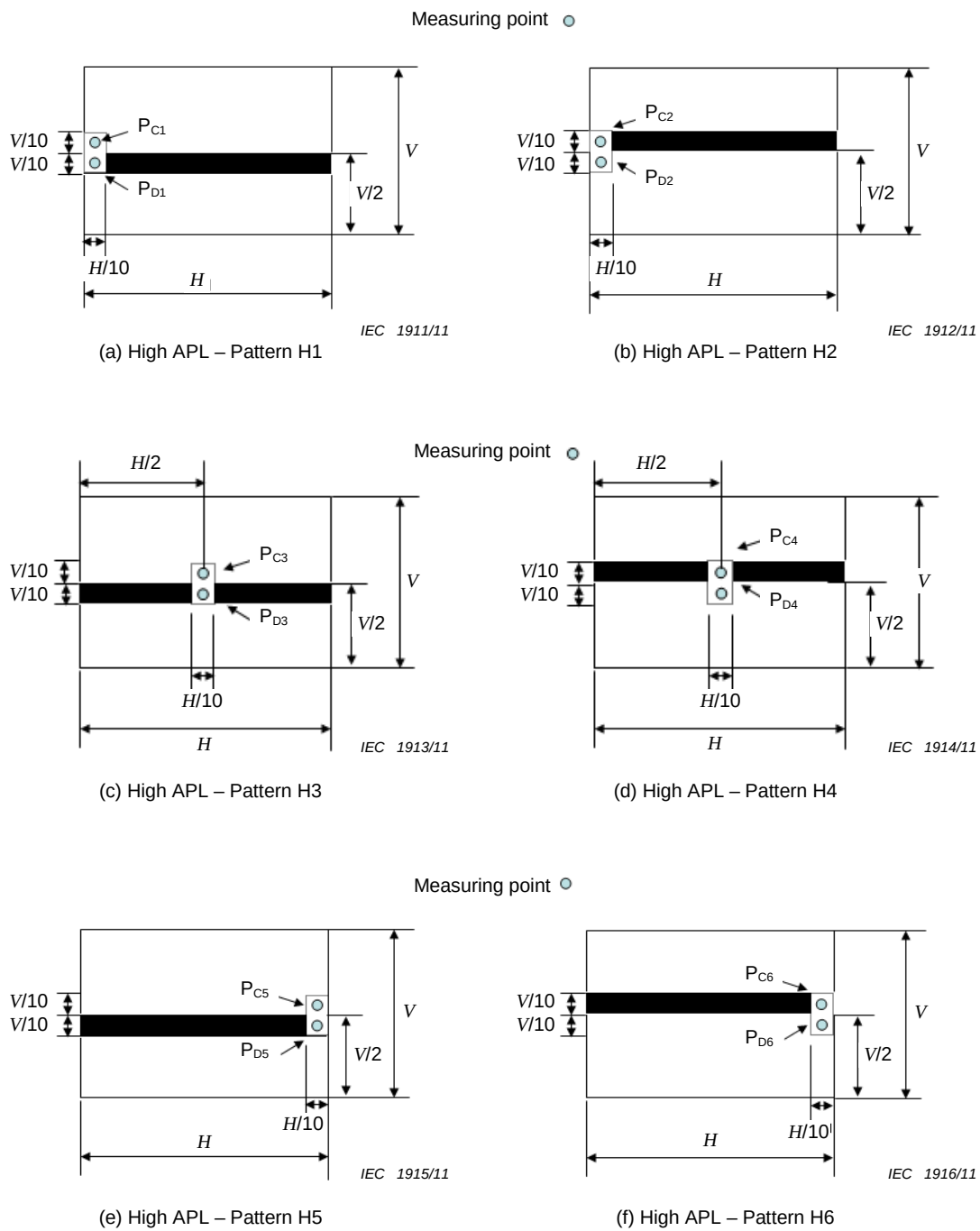


Key

 H Screen width

V Screen height

Figure 2 – Low APL image streaking patterns and measuring points



Key

H Screen width
 V Screen height

Figure 3 – High APL image streaking patterns and measuring points

6.2.3.3 Expression of results

Calculate the values according to the equations below and record the image streaking ratio (ISTR) values in Table 5.

$$\text{ISTR}_{\text{LOW_APL}} = \frac{1}{3} \times (\text{ISTR}_{\text{LL}} + \text{ISTR}_{\text{LC}} + \text{ISTR}_{\text{LR}}) \text{ [%]}$$

$$\text{ISTR}_{\text{HIGH_APL}} = \frac{1}{3} \times (\text{ISTR}_{\text{HL}} + \text{ISTR}_{\text{HC}} + \text{ISTR}_{\text{HR}}) \text{ [%]}$$

Table 5 – Example of image streaking ratio report

ISTR _{LOW APL}	ISTR _{HIGH APL}
107,4 %	102,4 %

6.3 Flicker

6.3.1 Purpose

The purpose of this method is to measure the luminance modulation that causes flicker of the PDP modules.

6.3.2 Equipment

The following equipment shall be used:

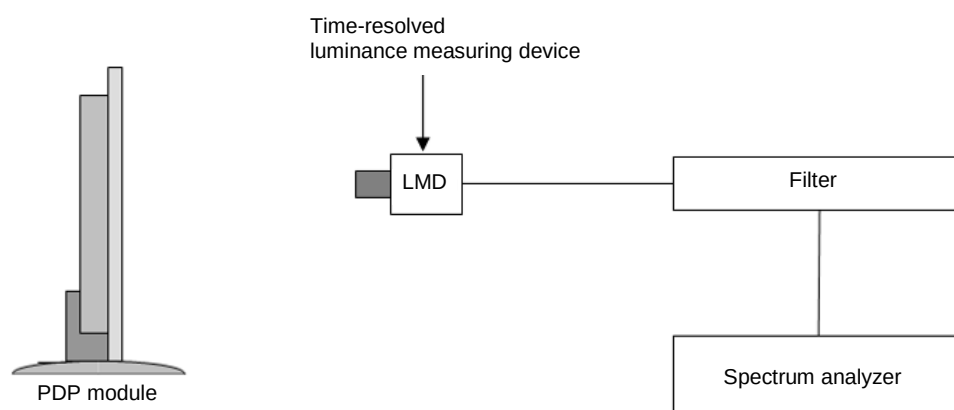
- driving power source;
- driving signal equipment;
- time resolved light measuring device;
- spectrum analyser.

6.3.3 Measuring method of flicker

6.3.3.1 Preparation

In order to capture the time-dependence of the luminance, a light measuring device that has a sufficiently fast response and a capability of measuring luminance shall be used. The output of the light measuring device, $V(t)$, is proportional to luminance and expressed in volts. The output signal shall be properly terminated at the filter (to avoid signal reflections within the connecting cable). The light measuring device shall not saturate at the peak of the luminance profile.

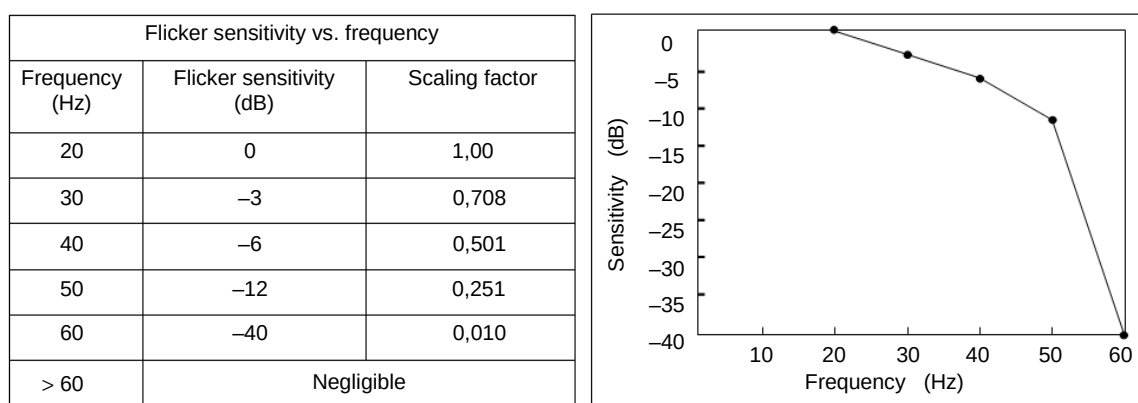
NOTE This can be checked with an oscilloscope. The measuring system and its arrangement are shown in Figure 4.



IEC 1917/11

Figure 4 – Measuring systems and its arrangement

The filter should be tested and has to be at least 4 poles design to prevent “aliasing” in spectrum analyzer. The filter shall have a bandwidth of at least 0 Hz to 150 Hz (± 3 dB), and have a pass of -60 dB or lower at the sampling frequency of the spectrum analyzer. The light measuring device may be at any specified angle and measure anywhere on the screen that provides the worst case flicker.



IEC 1918/11

NOTE Refer to IEC 61747-6

Figure 5 – Flicker sensitivity curve

The frequency response of the human visual system shall be taken into account by numerical multiplication of the measured power-spectrum (in Figure 6) with the scaling factors given in Figure 5.

6.3.3.2 Test pattern

The typical test pattern is a full screen white with a level determined in the measurement procedure of 6.3.3.3.

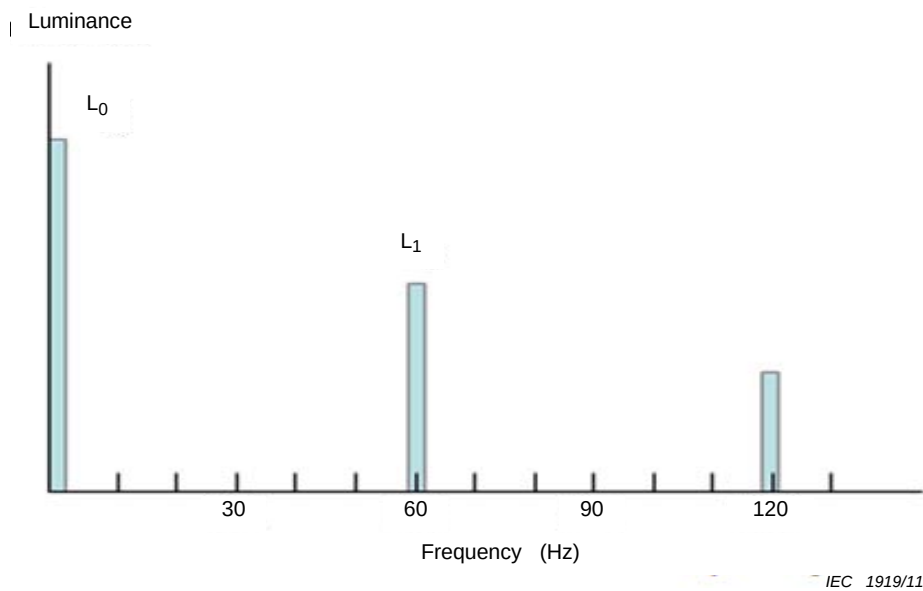
6.3.3.3 Procedure

The analysis procedure below assumes the luminance profile $V(t)$ expressed in volts or other unit proportional to luminance.

- apply a full screen white with the level at 100 %;

- b) determine the worst-case flicker pattern changing the gray levels from white to black;
- c) obtain the power spectrum at the worst case;
- d) P_0 is the amplitude of luminance level obtained at the frequency of 0 Hz. Determine the following products by multiplying the scaling factors specified in Figure 5 with all measured spectrum components. Select P_1 from these products as the dominant product;
- e) calculate Flicker level as follows:

Flicker level = $10 \log_{10} (P_1 / P_0)$ [dB] .



Key

- L_0 Luminance level obtained at the frequency of 0 Hz
- L_1 Luminance level obtained at dominant frequency such as 50 Hz or 60 Hz

Figure 6 – Measured luminance frequency spectrum

6.3.3.4 Expression of results

An example of measured and calculated flicker level is shown in Table 6.

Table 6 – Flicker level report table

Flicker level	-19 [dB]
Flicker level = $10 \log_{10} (P_1 / P_0)$ [dB]	

6.4 Moving picture resolution

6.4.1 General

The purpose of this measuring method is to measure the resolution of moving images. The method defined in this clause includes subjective method (6.4.2) and objective method (6.4.3). The test method used in the measurement shall be noted in the report. The subjective method is simpler than the objective method. The objective method is convenient for an automated test. Both methods have been found to give similar results. Refer to the literatures listed at the end of Annex B.

Annex A describes one example of possibility of a simulation method. The annex is helpful to understand the phenomenon.

Annex B describes some technical information related to “moving picture resolution”.

6.4.2 Subjective measuring method of Moving Picture Resolution

6.4.2.1 General

This method is based on a subjective technique that is easy to carry out, and can be a good index for the moving image characteristics because it is direct observation of the moving image.

6.4.2.2 Measuring equipment

The following equipment shall be used:

- a) driving power source for PDP module;
- b) signal generator which meets requirements described in 6.4.2.3

6.4.2.3 Requirements for the signal generator

Signal generator to be used in this measurement shall meet following requirements:

- a) generate the test signal described in 6.4.2.4;
- b) generate the test signal with motions across the screen to the specified directions in the specified speeds;
- c) if the spatial frequency which does not exactly match the addressability of the PDP module is needed, 0,5 ppf movement is preferable to obtain precise result.

NOTE For an explanation of the sub-sampling method, see Clause B.4.

6.4.2.4 Measuring test signal

The test signal for this measurement can be selected from:

- test pattern in the form of wedges, or
- sine wave signal with various spatial frequencies (see 6.4.3.6).

The amplitude and background level of the pattern shall be controlled as measurement parameters. See 6.4.3.6.

The test pattern in the form of “wedges” is composed of lines which have a variation of the spatial frequency. See Figure 7.

NOTE The wedge pattern for the resolution measurement is also used in IEC 60107-1.

6.4.2.5 Measurement procedure

The PDP module shall be set in the standard measuring condition.

The observer shall be positioned at an optimal observing distance from the module where the full detail of the image is clearly resolved.

NOTE 1 The optimal distance here is different from the standard measuring distance for the other measurements, 2,5 V.

The test image specified in 6.4.2.4 shall be used. The image is moved with following parameters:

- directions: left to right (horizontal), and top to bottom (vertical);
- speed: 1/15 screen/s, 1/10 screen/s, 1/5 screen/s, and 1/3 screen/s,

where unit for speed expressed here is the inverse of time (in second) in which the image passes over from an end to the opposite end of the screen. For example, 1/15 screen/s means one screen per 15 seconds. When moving speed in ppf is needed, the speed should be transformed from screen/s to ppf (see Note 2). Table 7 shows an example. The numbers in ppf are defined as multiply of 0,5. In some case non-integer (0,5) number of speed in ppf is necessary to obtain accurate test result. This can be generated by sub-sampling method noted in 6.4.2.3. Meaning of 0,5 ppf is explained in B.4. An explanation of unit is described in B.3.

NOTE 2 A unit “ppf (pixel per field)” is commonly used. $v[\text{ppf}] = N_p / (t_p[\text{s}] \times f[\text{Hz}])$, where v is the speed in ppf, N_p is number of pixels, t_p is the time the image passes over from an end to the opposite end of the screen, and f is a frame time, respectively.

NOTE 3 If an exact value of speed cannot be obtained, the nearest value available should be used.

Table 7 – Comparison of units for moving speed

	Signal resolution							
	1 366 × 768				1 920 × 1 080			
Moving speed screen/s	1/15	1/10	1/5	1/3	1/15	1/10	1/5	1/3
Moving speed transformed in ppf	1,5	2,5	4,5	7,5	2	3	6,5	10,5

NOTE The values are based on 60 Hz system.

The moving picture resolution value is assessed as the visible limit of the frequency of the test image as specified in 6.4.2.6. Spurious resolution data shall be omitted since it has a higher spatial frequency than the limit resolution.

Record the corresponding numbers of resolution.

6.4.2.6 Visual assessment of limit resolution

Figure 7 shows typical visual pattern of (a) definition wedge and (b) stack of burst sine wave patterns. The limit resolution can be seen in definition wedge pattern as the “twist” point of the lines. Below the limit resolution, spurious resolution is observed. Spurious resolution can be recognized as inversed phase of the pattern or change of the number of lines. For example in Figure 7(a), original four lines become three lines below the limit resolution point.

With the stack of burst pattern shown in Figure 7(b), evaluation is operated as indicated in the figure. Observers (including automated machine) evaluate each pattern as “OK” or “Failed”. The limit resolution is determined as between “OK” patterns and “Failed” pattern. This stack of burst pattern is convenient for automated system for objective method described in 6.4.3.

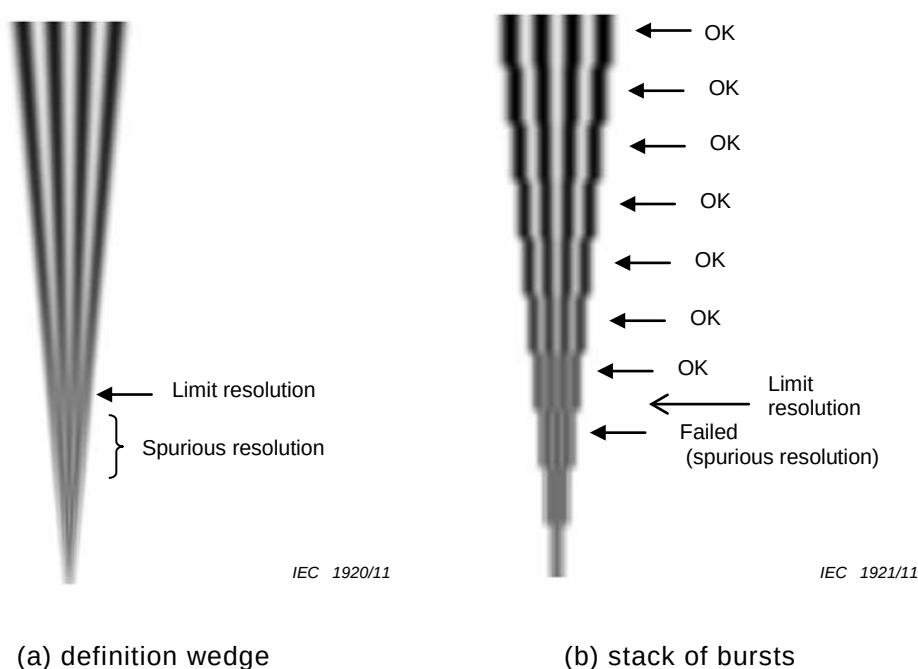


Figure 7 – Image pattern for the evaluation of resolution

6.4.3 Objective measuring method of moving picture resolution

6.4.3.1 General

This method is based on a simulation of the phenomena, human eye tracking the moving images, by machine. The test result should be checked whether they are reasonably consistent with the subjective result.

NOTE When the wedge pattern is used, it is advisable that the measuring and analysis parameters are validated as appropriate by checking the contrast of the captured image compared to the perceived image (resolved or not) by the observer.

6.4.3.2 Measuring equipment

The following equipment shall be used:

- a) driving power source;
- b) signal generator which meets requirements described in 6.4.3.5;
- c) image tracking camera system;
- d) computer for calculation of Fourier transformation.

6.4.3.3 Requirements for the signal generator

Signal generator to use in this measurement shall meet following requirements:

- a) generate the test signal described in 6.4.3.5;
- b) generate the test signal with motions across the screen to specified directions in specified speeds;
- c) if the spatial frequency which does not exactly match the addressability if the PDP module is needed, 0,5 ppf movement is preferable to obtain precise result.

NOTE See Clause B.3.

6.4.3.4 Description and requirements for the image tracking camera system

The image tracking camera system emulates the eye-tracking of the human visual system. The resolution degradation of moving images is a result of a mismatch between the moving images on the screen for each field and the smooth tracking of them by the human eyes.

Image tracking camera system can consist of following subsystems:

- a) CCD camera with a shutter;
- b) tracking optics system;
- c) accumulator and synchronization system.

CCD camera shall have sensitivity function properly similar to that of human visual system, luminosity factor $V(\lambda)$. Tracking optics system can be mechanical system to move the camera according to the movement of the test image, or optical system using rotating mirrors and lenses which makes system smoothly tracking the movement of the test image. The CCD should have sufficient number of pixels to satisfy the Nyquist criteria.

The movement of the test image, the sweep of the tracking system, and shutter timing shall be synchronized in order to capture the same position of the test image on the CCD. The captured image is accumulated or exposed for an integral multiple of the field time. When sub-sampling method is used, exposure time shall be an even integral multiple of the field time.

IEC 61747-6-3 can be referred.

6.4.3.5 Measuring test signal

The test signal for this measurement shall include:

- sine wave signal in luminance domain with various spatial frequencies (see 6.4.3.6)

The input signal to the module shall account for the inverse gamma function of the video processing in order to achieve a sine wave in luminance.

Luminance step of the signal generator should be calibrated to be linear in displayed luminance including the gamma correction of the display.

The amplitude and background level of the pattern shall be controlled as measurement parameters.

The same test signal can be used for both measurements, subjective and objective methods.

6.4.3.6 Parameters for test pattern

Motion of the test image shall be selected from following parameters:

- directions: left to right (horizontal), and top to bottom (vertical);
- speed: 1/15 screen/s, 1/10 screen/s, 1/5 screen/s, and 1/3 screen/s,

where unit for speed expressed here is the inverse of time (in seconds) in which the image passes over from an end to the opposite end of the screen. For example, 1/15 screen/s means one screen per 15 s.

NOTE 1 See the Note 2 and Table 7 in 6.4.2.5.

Frequency of the test signal should be selected from following values or other suitable values:

Frequency: 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 950, and 960 (cycle/screen)

NOTE 2 The resolution values complying with PDP module may be used if necessary. For example 320 or 480 cycle/screen will be helpful. These values are suitable for the common format of television such as 1 920x1 080.

Not all of these values are required, but the proper values shall be selected to obtain the valid limit resolution (see 6.4.3.7) by interpolation and also to avoid spurious resolution.

Amplitude and background level of the test signal (see Figure 8) should be selected from following parameters:

- peak white level I_p : 100 %, 75 %, and 50 % grey level;
- modulation amplitude (MA): $1/1 I_p$, $1/2 I_p$, and $1/4 I_p$.

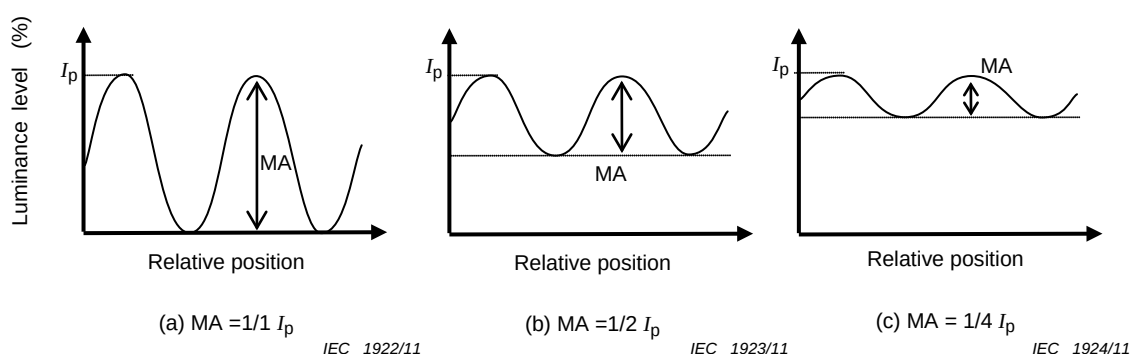


Figure 8 – Peak level and amplitude of the test signal

6.4.3.7 Measurement procedure

The PDP module shall be set in the standard measuring condition.

Measuring system shall be positioned in the proper distance from the PDP module. Display the test image with the parameters described in 6.4.3.6 and measure the resolution in following procedure for each frequency.

- a) Capture the image and obtain the one-dimensional data. Figure 8 shows an example.
- b) Calculate response value $I(f_p)$ in either of the following methods:
 - 1) Modulation calculation, such as $I(f_p) = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$, where $I_{\max}$ is the maximum value of the observed waveform, and $I_{\min}$ is the minimum value of the observed waveform (see Figure 9).
 - 2) Fourier transform (see Figure 10). $I(f_p)$ is obtained as a peak intensity seen in the figure at the frequency of f_p . See Figure 10.

NOTE 1 If the CCD has sufficient number of pixels to satisfy the Nyquist criteria, then any method of FFT can be applied. If not, FFT should not be applied.

- c) Plot values $I(f_p)$ for each frequency of input signal in a graph where horizontal and vertical axes are set to resolution and power value, respectively. Resolution R_s can be converted from spatial frequency f_p as follows:

$$R_s = 2 f_p [\text{line/screen}]$$

where

R_s is the resolution value in line/screen;

f_p is the spatial frequency of the input signal in cycle/screen.

When Fourier transform is used for the calculation as described in b) 2), spatial frequency in 1/CCD pixel is converted to cycle/screen as follows:

$$f_p = N_p f_c / \delta [\text{cycle/screen}]$$

where

δ is the ratio of PDP pixel to CCD pixel;

N_p is the total pixel number of PDP module along the related direction;

F_c is the spatial frequency in CCD image (1/CCD pixel).

The response value for the spatial frequency of 0, $I(0)$ can be obtained from the measurement with a step waveform.

Figure 10 shows an example. Define limit resolution R_{lim} as a spatial frequency that shows response (power) value 5 % of maximum contrast value.

NOTE 2 5 % has been found as a proper value to have a consistency between the subjective method and the objective method. See bibliography. Moving picture resolution is defined as values of limit resolution for the specific motion speed. This is expressed in the unit "pixel/screen".

Each obtained waveform shall be checked to avoid spurious resolution. This can be done visually or detected as a phase shift.

Motion speed, amplitude and background level used in the measurement shall be noted in the report.

NOTE 3 The unit for R_s and R_{lim} in this document is line or line/screen. This can be easily converted to well-known TV-line.

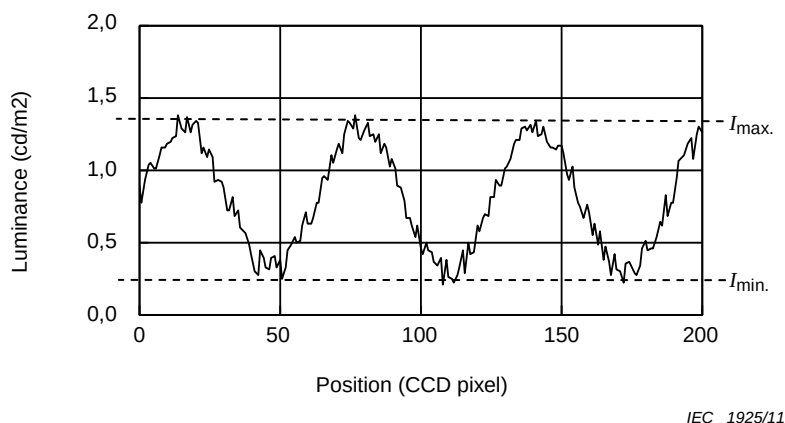


Figure 9 – Example of captured image

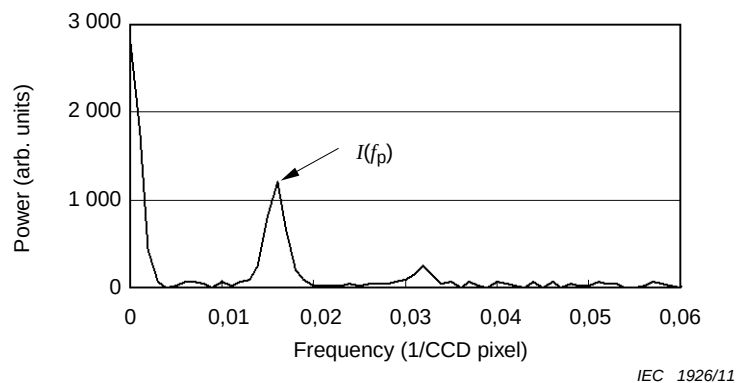


Figure 10 – Example of Fourier transform

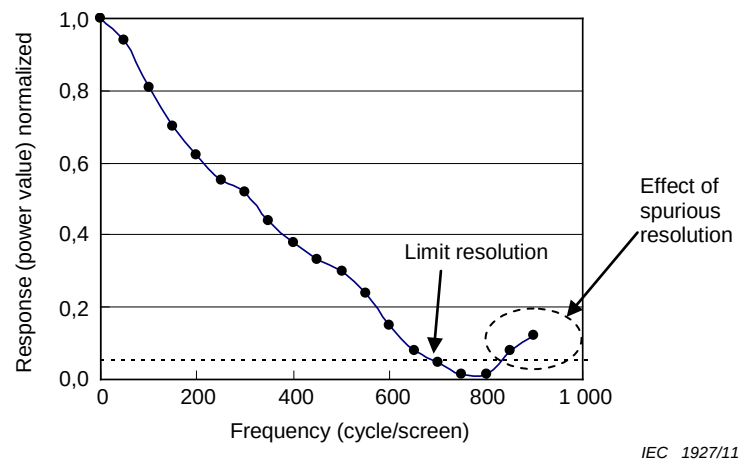


Figure 11 – Example of limit resolution evaluation

Annex A **(informative)**

Simulation method of moving picture resolution

A.1 General description

Motion image rendering performance of the PDP relates to both the light characteristics of the panel and the human visual system. When viewing a moving image, it is assumed that the human visual perception has the following properties:

- smooth pursuit eye tracking of the object;
- temporal integration of luminance within one frame period.

Based on these assumptions, two different approaches are employed to characterize artifacts associated with moving patterns which will closely mimic how the eye perceives them:

- pursuit camera system,
- simulation method according to the temporal luminance response measured by fixed optical detectors.

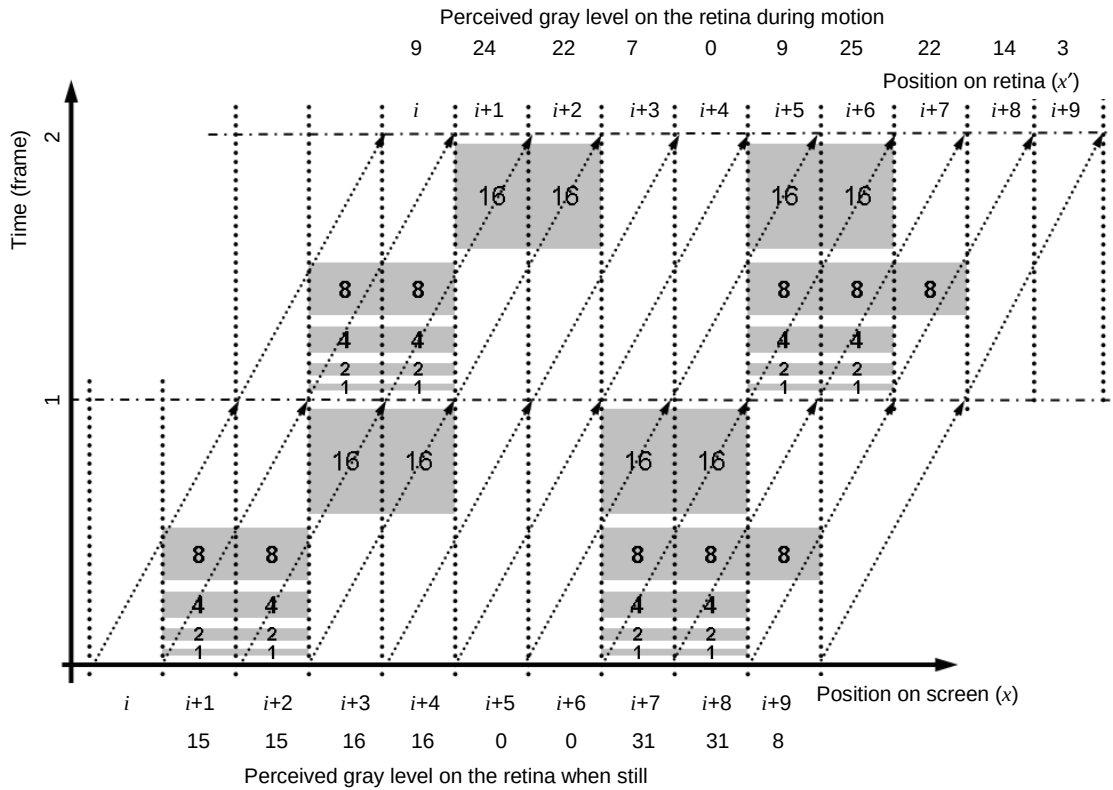
In this Annex the simulation method based on measured temporal luminance response is introduced. Firstly the simulation model is introduced. Then a physical measurement setup is explained that records the light characteristics of the panel. Based on the measured light characteristics, software is implemented to simulate smooth pursuit eye tracking and temporal light integration of the retina. With this method the perception of a horizontally moving image is predicted. A sinusoidal wave pattern with varying spatial frequencies is applied as the test pattern, to calculate the MTF curve.

A.2 Simulation model

A.2.1 Principle of simulation

The fundamental phenomena of the motion artifacts have been examined and analyzed well in literatures [1, 2, 4].¹ According to these studies, motion artifacts depend on the specific FPD-technology and the properties of the human visual system, i.e. smooth pursuit eye tracking movement when watching a moving object. The motion artifacts can be explained by an inconsistency between the light characteristics of the display and human visual system. The light characteristics of the display could be the hold characteristics of an LCD or subfield timing of a PDP. When the image is moving (scrolling), the eye is smoothly tracking the moving image and integrates the temporal light along the motion trajectory, indicated with the dashed arrows in Figure A.1. The perceived image is the integration of temporal light in one frame time along with the tracking direction, and can be made discrete by the sampling of each pixel in the actual perceived image according to the corresponding retina position indicated at the top of Figure A.1.

¹ Figures in square brackets refer to Clause A.5.



IEC 1928/11

Figure A.1 – The simulation principle of motion artifacts for a 5-bit binary subfield arrangement

A.2.2 Algorithm of simulation

Since the artefact mechanism is straightforward, an accurate algorithm for the simulation of the perceived images is possible. When an image moves on the screen with a speed of v pixels per frame, the perceived image can be calculated by the integration of the temporal luminance, taking into consideration the shift in position as the eye follows the moving image. The perceived image is expressed by equation (A.1).

$$L'(x') = \frac{1}{T_f} \sum_{i=0}^{v-1} \int_{(i-x')T_f/v}^{(i+1-x')T_f/v} L(i, t) dt \quad (\text{A.1})$$

where

x' is the position on the observation axis which is an on-screen retinal-projective coordinate, as shown in Figure A.1;

i is an index of the eye scanning pixels in smooth-tracking;

T_f is the frame time;

v is the constant moving speed in pixels per frame (an integral number);

$L(i, t)$ is the light output from the i column of pixel;

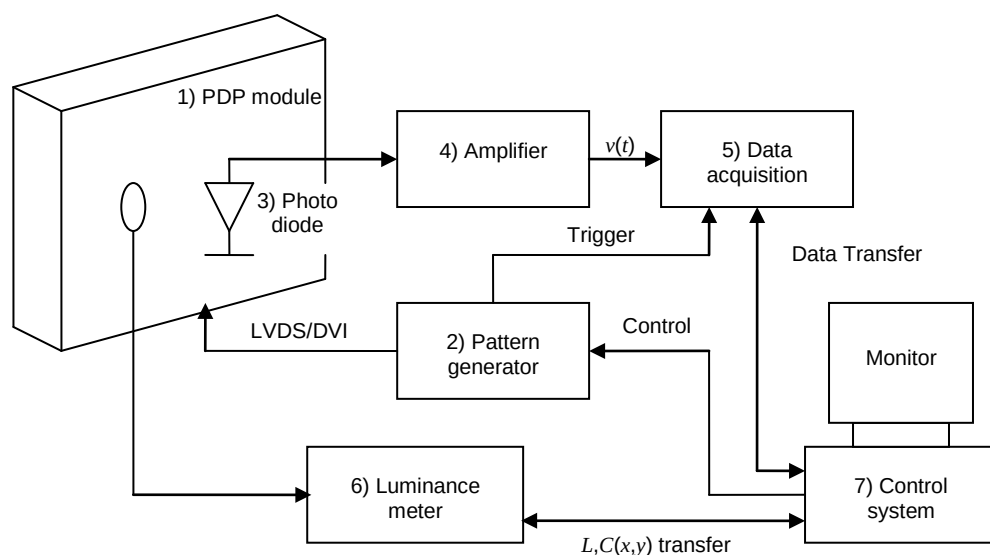
$L'(x')$ is the perceived luminance at the observation axis and equals the sum of the integration of the light intensity over all scanning pixels within a period of T_f/v .

So once the $L(i, t)$ is obtained by the measurement shown in A.3, the perceived moving image can be predicted by the simulation model.

A.3 Measuring method

A.3.1 Measurement system

A schematic diagram of set-up to measure the temporal light response is shown in Figure A.2.



IEC 1929/11

Figure A.2 – Set-up to measure the temporal step response

The measurement set-up, presented in Figure A.2, comprises of the components listed below.

A pattern generator, which generates the test patterns in the native display resolution at applicable refresh rates. The pattern generator, preferably, has a control terminal or interface, which enables selection of the pattern and start-stop of the measurement procedure. The output of the pattern generator consists of one or more LVDS and/or DVI terminal(s), which can be connected with the display input terminal(s). The pattern generator should also include a trigger output signal that can be used to synchronize the data acquisition process.

A fast response photo-diode, with a spectral sensitivity that is matched to the spectral luminous efficiency function $V(\lambda)$ for photopic vision. This photo-diode is used to capture the temporal luminance variation, produced by the PDP module.

A signal amplifier is used for signal amplification to match the input range of the data acquisition device 5), and for low-pass filtering to attenuate the signal noise.

A data acquisition device that records the amplified signal $v(t)$ of the photo-diode. The sampling rate shall be at least 400 kHz to enable acquiring temporal luminance data with sufficient temporal resolution, and furthermore the sampling rate should be related to the refresh rate of the display to allow time accurate analysis of the data. An oscilloscope or a data-acquisition card can be used to acquire the time-varying luminance signal.

A luminance meter that records the luminance of the display for each input code (0 to 255 for an 8-bit input signal). With this information the time varying photo-diode signal $v(t)$ can be translated to a time varying luminance signal $L(t) = f(v(t))$. To enable automation of the measurements, the luminance L and chromaticity coordinates $C(x,y)$ data can be transferred to the control system 7) over a standard interface (for instance RS232 or USB).

A control system can be used to start the measurement procedure, and to collect and process all data. For this system a personal computer can be used.

A.3.2 Measurement process

The temporal impulse response can be measured by the above described measurement system for each gray level. As the impulse response characteristics depend on the windows of test patterns in PDP module, the condition of the loading pattern is important.

Generally, only 255 impulse response curves (the transition between the grey level 0 to 1,...,255) are needed because the light emission characteristics of PDPs are linear. Other transition between each grey level can be easily calculated by linear combination and interpolation method [3].

A.4 Calculation MTF based on simulation model

The original still input image is taken as the reference (see the left part of Figure A.3), and the perceived image is calculated based on the simulation model (see the right part of Figure A.3 for instance). The modulation depth then is calculated with the following formula for each frequency f_p (see also 6.4.3.7):

$$MD_{per}(f_p) = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}} \quad (A.2)$$

where

$MD_{per}(f_p)$ is the modulation depth of the perceived image with the spatial frequency of f_p ;

L_{max} is the maximum value of the perceived luminance;

L_{min} is the minimum value of the perceived luminance.

However, if the perceived waveform is non-smooth or asymmetric, the modulation depth can be calculated with the following formula:

$$MD_{per}(f_p) = \frac{A_s}{L_{av}} \quad (A.3)$$

where

A_s is the amplitude of the fundamental wave obtained by applying a fast Fourier transform (FFT) to the moving grating;

L_{av} is the average luminance value of the fundamental wave.

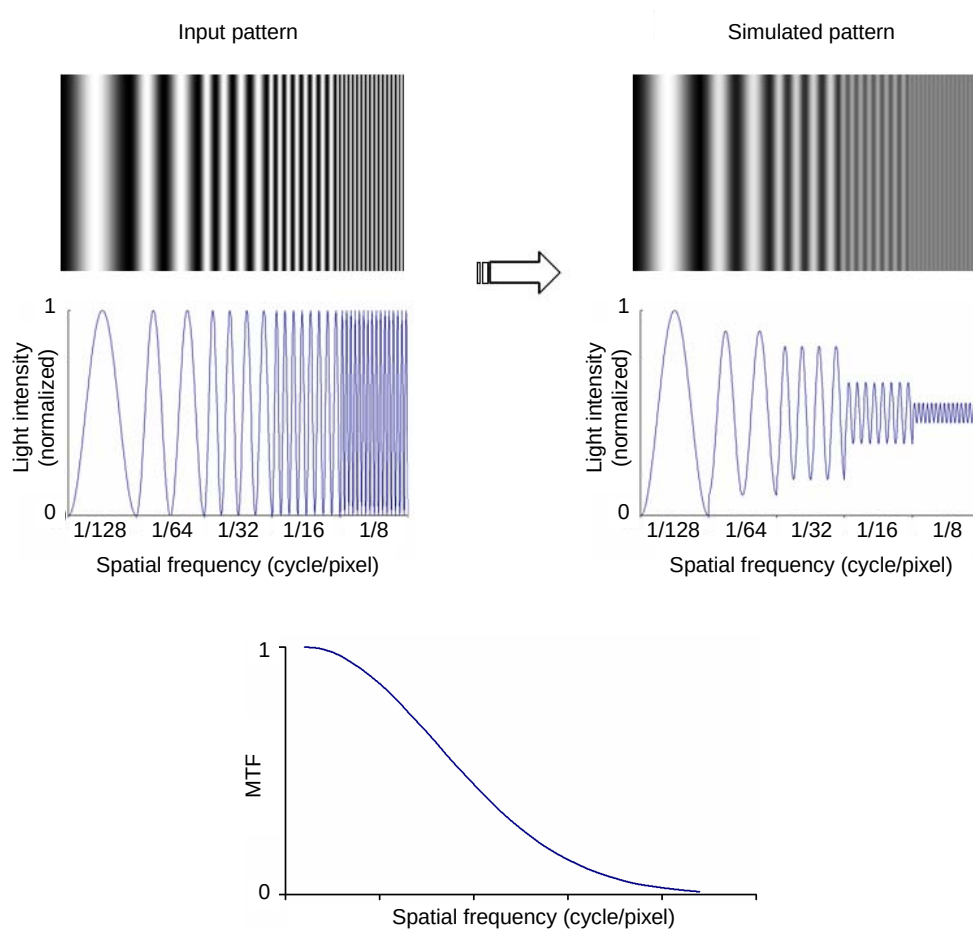
Finally, the MTF is calculated with the formula:

$$MTF(f) = \frac{MD_{per}(f_p)}{MD_{input}(f_p)} \quad (A.4)$$

where:

$MD_{input}(f_p)$ is the modulation depth of the original still input image.

Normally, $MD_{input}(f_p)$ is constant for a PDP module, so the $MTF(f)$ is equivalent to the $MD_{per}(f_p)$.



IEC 1930/11

Figure A.3 – Simulation of modulation transfer function (MTF) at the different special frequencies

A.5 Reference documents

- [1] Shigeo Mikoshiba, *Visual Artifacts Generate in Frame-Sequential Display Devices: An Overview[C]*, SID'00 Digest, 31, pp. 384-388, 2000
- [2] K. Teunissen, Y. Zhang, X. Li, I. Heynderickx, *Method for predicting motion artifacts in matrix displays*, Journal of the SID 14(10), pp. 957-964, 2006
- [3] Zhang Y, Teunissen C, Lei W, et al, *Method for predicting motion artifacts of plasma display panels*, Journal of Southeast University (English Edition), 23(1), pp.43-46, 2007
- [4] W. Song, X. Li, Y. Zhang, et al., *Motion-blur characterization on liquid-crystal display*, Journal of the SID 16/5, pp.587-593, 2008

Annex B (informative)

Technical description on moving picture resolution

B.1 General

Some technical points of measuring method of moving picture resolution are described here.

B.2 Moving speed

This standard does not specify the motion speed as a requirement because it can be varied depending on the purpose. Regarding typical television contents, the movement of the object displayed on the screen is classified as bellow:

- a) panoramic span: 8-16 s/screen (2~4 ppf);
- b) panning in drama show: 4~6 s/screen (5,5~8 ppf);
- c) sports program: 3~4 s/screen (8~10,5 ppf);
- d) fast caption: 2~3 s/screen (10,5~16 ppf).

NOTE 1 Source: APDC website (<http://www.advanced-pdp.jp/fpd/english.html#4>). (disponible en anglais seulement)

NOTE 2 The values in ppf are calculated with the assumption of 60 Hz and 1 920 pixel.

According to the above figures, about 5 s/screen can be typical value for television application.

Additionally, most of typical movements in the above scenes are horizontal.

Note that too fast movement may lose the validity of the measurement principle. The tracking of human eyes is not smooth for too fast movement.

B.3 Units for spatial frequency and motion speed

There is a pixel basis unit for the spatial frequencies like “pixel per cycle”, especially popular among display engineers. However this is not considered as same condition for displays which have different display addressability. For example, when we assumes a spatial frequency in pixel per cycle, the test image on XGA (1 366 vertical lines) display is 1,4 times larger than that on FHD (1 920 vertical lines) display. This should not be considered as the same condition in terms of spatial frequency. To solve this issue, cycle/screen was selected for the moving picture resolution measurement.

Because of the similar reason, “ppf (pixel per frame)” was not primarily selected as a unit for motion speeds.

A table (Table 7) was prepared for readers who want spatial frequency numbers in pixel per cycle or motion speed in ppf.

B.4 Sub-sampling method

For matrix displays like PDP, the test image pattern with the spatial frequency which is not exactly match the display addressability may not clearly be displayed even in the static images. For example, a PDP module which has 1 920 pixels in horizontal direction cannot clearly display 800 cycle/screen signal. On the other hand there are many cases that

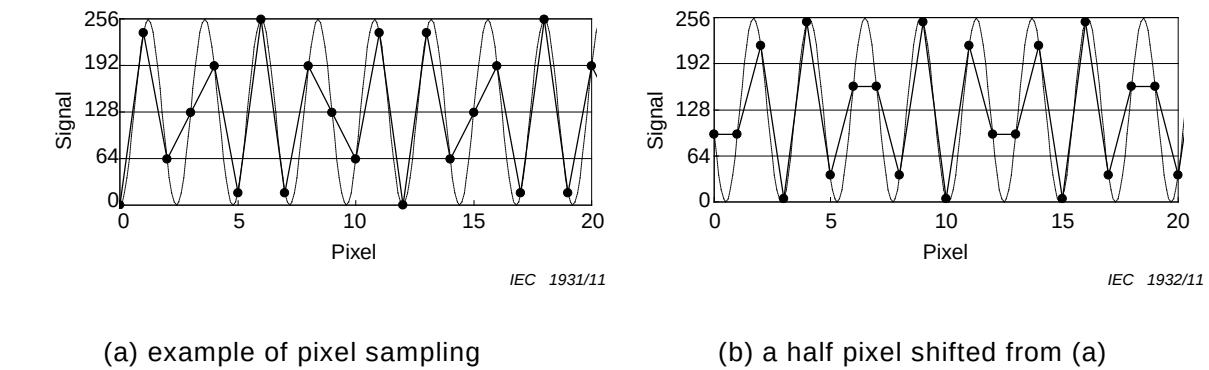
800 cycle/screen resolution needs to be measured, because many PDPs with the addressability of 1 080 x 1 920 (FHD) used to have resolution corresponding to 600~960 cycle per screen. To avoid this unclearness, sub-sampling method described here helps the measurement.

Sub-sampling is a method to generate high spatial frequency signals with motion on the display. Figure B.1(a) shows sampling points for sinusoidal waveform and Figure B.1(b) shows a situation that the waveform moved to right direction at 0,5 pixel. As explained above, the still image based on the sampling points as B.1(a) does not show clear sinusoidal waveform. If the image based on the sampling points as B.1(b) is displayed at the next frame of that image, the shape of waveform is compensated and the movement is generated in 0,5ppf speed to right direction. By sequentially generating these images, clearer waveform with 0,5ppf motion can be displayed. Similarly, sub-sampling method can generate high spatial frequency signals with motions in non-integer ppf by displaying two difference phases of image.

Figure B.2 shows the effect of the sub-sampling in the three movement speed, (a) 0 ppf, (b) 0,5 ppf, and (c) 1,0 ppf. Horizontal and vertical axes are position and time, respectively. This case, the number of lines is set as four. With the motion of 0 ppf and 1 ppf, it is not easy to distinguish four lines. On the other hand, the image of 0,5 ppf provides clear four lines because of the effect of compensation by sub-sampling method.

NOTE For further information, refer to the bibliography.

If the measurement is sufficiently carried out only with lower spatial frequencies and integer number of motion speed in ppf (see Table 7), this method is not necessary, however otherwise this effect of sub-sampling is required to be considered in this standard.



Key

Pattern frequency	800 cycle/screen
Display	1 920 pixel screen

Figure B.1 – Example of sub-sampling

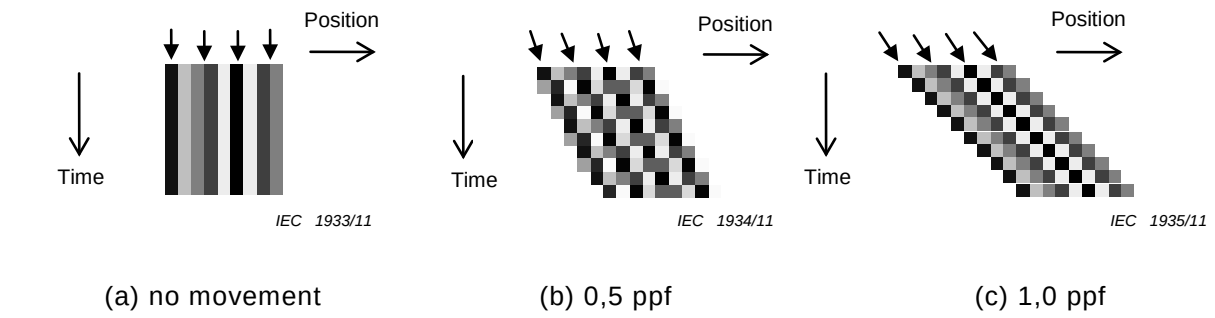


Figure B.2 – Effect of the sub-sampling method and 0,5 ppf motion in the resolution

Bibliography

IEC 61747-6:2004, *Liquid crystal and solid-state display devices – Part 6: Measuring methods for liquid crystal modules – Transmissive type*

IEC 61747-6-3:2011, *Liquid crystal display devices – Part 6-3: Measuring methods for liquid crystal display modules – Motion artefact measurement of active matrix liquid crystal display modules*

I. Kawahara, *Advantages of Sinusoidal-Burst Based Measurement of Moving Image Performance*", SID '09 digest, pp.1389-1392, 2009

I. Kawahara, *Measurement of Moving Picture Performance of Display Suitable for Fast Motion and High-Resolution Content*, Eurodisplay '09 6.4

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	38
1 Domaine d'application	40
2 Références normatives	40
3 Termes et définitions	40
4 Structure de l'équipement de mesure	42
5 Conditions normalisées de mesure	42
5.1 Généralités	42
5.2 Réglage des modules PDP	42
6 Méthodes de mesure	43
6.1 Angle de visualisation	43
6.1.1 Objet	43
6.1.2 Equipement	43
6.1.3 Installation de l'équipement de mesure	43
6.1.4 Méthode de mesure de l'angle de visualisation de demi-luminance	44
6.1.5 Méthode de mesure de l'angle de visualisation de demi-contraste	45
6.1.6 Méthode de mesure de l'angle de visualisation de rapport de contraste 10:1	46
6.1.7 Méthode de mesure de l'angle de visualisation chromatique	47
6.2 Filage d'image	48
6.2.1 Objet	48
6.2.2 Equipement de mesure	48
6.2.3 Méthode de mesure du filage d'image	49
6.3 Papillotement	52
6.3.1 Objet	52
6.3.2 Equipement de mesure	52
6.3.3 Méthode de mesure du papillotement	52
6.4 Résolution d'images mobiles	54
6.4.1 Généralités	54
6.4.2 Méthode subjective de mesure de la résolution d'images mobiles	55
6.4.3 Méthode objective de mesure de la résolution d'images mobiles	57
Annexe A (informative) Méthode de simulation de la résolution d'images mobiles	62
Annexe B (informative) Description technique relative à la résolution d'images mobiles	67
Bibliographie	70
Figure 1 – Installation de l'équipement de mesure et exemple de résultats de mesure pour des angles de visualisation horizontal et vertical	44
Figure 2 – Mires pour filage d'image de niveau APL faible et points de mesure	50
Figure 3 – Mires pour filage d'image de niveau APL élevé et points de mesure	51
Figure 4 – Système de mesure et sa configuration	53
Figure 5 – Courbe de sensibilité au papillotement	53
Figure 6 – Mesure du spectre de la luminance en fonction de la fréquence	54
Figure 7 – Motif d'image pour l'évaluation de la résolution	57
Figure 8 – Niveau de crête et amplitude du signal d'essai	59
Figure 9 – Exemple d'image capturée	61
Figure 10 – Exemple de transformée de Fourier	61

Figure 11 – Exemple d'évaluation de la résolution limite	61
Figure A.1 – Principe de simulation des artéfacts mobiles pour une configuration de sous-trame binaire à 5 bits.....	63
Figure A.2 – Montage de mesure de la réponse temporelle échelonnée	64
Figure A.3 – Simulation de la fonction de transfert de modulation (MTF) à différentes fréquences spatiales	66
Figure B.1 – Exemple de sous-échantillonnage.....	68
Figure B.2 – Effet de la méthode de sous-échantillonnage et déplacement de 0,5 ppf dans la résolution	69
Tableau 1 – Exemple d'angle de visualisation de demi-luminance.....	45
Tableau 2 – Exemple d'angle de visualisation de demi-contraste	46
Tableau 3 – Exemple d'angle de visualisation de rapport de contraste 10:1	47
Tableau 4 – Exemple d'angle de visualisation chromatique	48
Tableau 5 – Exemple de consignation du rapport de filage d'image	52
Tableau 6 – Tableau de consignation du niveau de papillotement.....	54
Tableau 7 – Comparaison des unités de vitesse de déplacement.....	56

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PANNEAUX D’AFFICHAGE À PLASMA –

**Partie 2-4: Méthodes de mesure –
Qualité visuelle: Artéfacts d’image**

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 61988-2-4 a été établie par le comité d'études 110 de la CEI: Dispositifs d'affichage à panneaux plats.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
110/260/CDV	110/297/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61988, publiées sous le titre général *Panneaux d'affichage à plasma*, est disponible sur le site web de la CEI.

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

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

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

PANNEAUX D’AFFICHAGE À PLASMA –

Partie 2-4: Méthodes de mesure – Qualité visuelle: Artéfacts d'image

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61988 détermine les méthodes de mesure de caractérisation des performances des modules de panneaux d'affichage à plasma (PDP)¹ dans les domaines suivants:

- a) angle de visualisation;
- b) filage d'image;
- c) papillotement (scintillement);
- d) résolution d'images animées.

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).

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

CEI 60107-1:1997, *Méthodes de mesures applicables aux récepteurs de télévision – Partie 1: Considérations générales – Mesures aux domaines radiofréquences et vidéofréquences*

CEI 61988-1:2003, *Panneaux d'affichage à plasma – Partie 1: Terminologie et symboles littéraux*

CEI 61988-2-1:2002, *Panneaux d'affichage à plasma – Partie 2-1: Méthodes de mesure – Optiques*

CEI 61988-2-2:2003, *Panneaux d'affichage à plasma – Partie 2-2: Méthodes de mesure – Méthodes opto-électriques*

CIE 15:2004, *Colorimétrie, 3ème édition*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 61988-1, la CEI 60068-1 et la CEI 60107-1, ainsi que les suivants, s'appliquent.

3.1

angle de visualisation

gamme d'écart angulaire à laquelle un affichage peut être visualisé avec une performance visuelle spécifiée acceptable

NOTE Le présent document spécifie deux types d'angle de visualisation concernant la direction de visualisation, à savoir horizontal et vertical.

¹ PDP= Plasma Display Panel.

3.2**angle de visualisation de demi-luminance**

angle de visualisation au-delà duquel la luminance est supérieure ou égale à la moitié de la luminance mesurée selon un angle perpendiculaire à l'écran

3.3**angle de visualisation de demi-contraste**

angle de visualisation au-delà duquel le rapport de contraste est supérieur ou égal à la moitié du rapport de contraste mesuré selon un angle perpendiculaire à l'écran

3.4**angle de visualisation de rapport de contraste 10:1**

angle de visualisation au-delà duquel le rapport de contraste est supérieur ou égal à 10:1

3.5**angle de visualisation chromatique****angle de visualisation des couleurs**

angle de visualisation au-delà duquel le décalage de chromaticité $\Delta(u',v')$ est inférieur ou égal à la valeur seuil spécifiée

3.6**filage d'image**

variance de luminance associée à la modification de la charge de ligne verticale ou horizontale

3.7**papillotement**

fluctuation de luminance périodique temporelle non voulue mais perceptible

3.8**résolution d'images mobiles**

nombre de lignes d'images apparaissant sur l'écran d'affichage correspondant à la limite de résolution de la visibilité des images mobiles

NOTE La résolution d'images mobiles n'est pas déterminée uniquement par le nombre de pixels physiques du panneau (désigné "capacité d'adressage"), mais également par la performance des images mobiles en termes d'artéfacts de déplacement. La résolution est exprimée en lignes d'images dans le document, et peut être convertie facilement en lignes télévisuelles bien connues.

3.9**fonction de transfert de modulation****MTF²**

rapport de l'amplitude finale à l'amplitude initiale du signal en fonction de la fréquence spatiale

NOTE La MTF est la partie quantitative de la fonction de transfert optique (OTF).³

3.10**résolution limite**

nombre maximal de lignes d'images que l'observateur peut distinguer, à l'exception de la résolution parasite

NOTE Voir Figure 7.

² MTF = Modulation Transfer Function.

³ OTF = Optical Transfer Function.

3.11

résolution parasite

phénomène survenant à une fréquence spatiale supérieure à la résolution limite selon laquelle le motif observé du diagramme de résolution est différent du motif d'origine

NOTE La résolution parasite est généralement définie comme une modification du nombre de lignes. Par exemple, modification de quatre lignes en trois ou cinq lignes. Voir Figure 7.

4 Structure de l'équipement de mesure

Les schémas de systèmes et/ou les conditions de fonctionnement des équipements de mesure doivent être conformes à la structure spécifiée dans chaque entité.

5 Conditions normalisées de mesure

5.1 Généralités

Les conditions normalisées de mesure définies dans la CEI 61988-2-1 et la CEI 61988-2-2 doivent être appliquées. Les conditions suivantes doivent également être appliquées.

5.2 Réglage des modules PDP

Pour les modules PDP dont le contraste est réglable, régler celui-ci à la valeur maximale dans les conditions normalisées d'environnement.

Les fonctions à commande automatique telles que la gestion automatique de puissance (APC),⁴ la fonction de prévention de rémanence de l'image, etc., susceptibles de modifier la luminance d'affichage au cours de la mesure, doivent être désactivées ou les procédures de mesure décrites ci-dessous doivent permettre d'éviter toute activation de ces fonctions.

Lorsque la luminance d'affichage est susceptible d'être modifiée par certaines fonctions à commande automatique intégrées au module PDP, et lorsque la pratique ne permet pas de désactiver ces fonctions, une procédure utilisant des images d'entrée à variation séquentielle ou une procédure utilisant une séquence activation-mesure-désactivation doit être appliquée.

Pour la procédure utilisant des images d'entrée à variation séquentielle, les signaux d'entrée doivent être modifiés juste avant le changement de la luminance d'affichage, et la mesure doit être effectuée au moment de l'affichage de l'image mesurée. Il convient que le signal d'entrée, à l'exception de l'image mesurée, soit tout signal approprié qui désactive les fonctions à commande automatique mentionnées ci-dessus. Pour la procédure utilisant une séquence activation-mesure-désactivation, le module PDP doit être désactivé et activé de manière séquentielle, juste avant le changement de la luminance d'affichage. La mesure doit être effectuée au moment de l'affichage de l'image mesurée.

La luminance d'affichage des deux procédures susmentionnées reste généralement constante pendant plusieurs minutes, ce qui constitue une durée suffisante pour effectuer une mesure stable avec un dispositif de mesure de la lumière.

⁴ APC = Auto-Power Control.

6 Méthodes de mesure

6.1 Angle de visualisation

6.1.1 Objet

L'objet de cette méthode est de mesurer les angles de visualisation horizontale et verticale de demi-luminance, de demi-contraste, de rapport de contraste 10:1 et chromatique des modules PDP.

6.1.2 Equipement

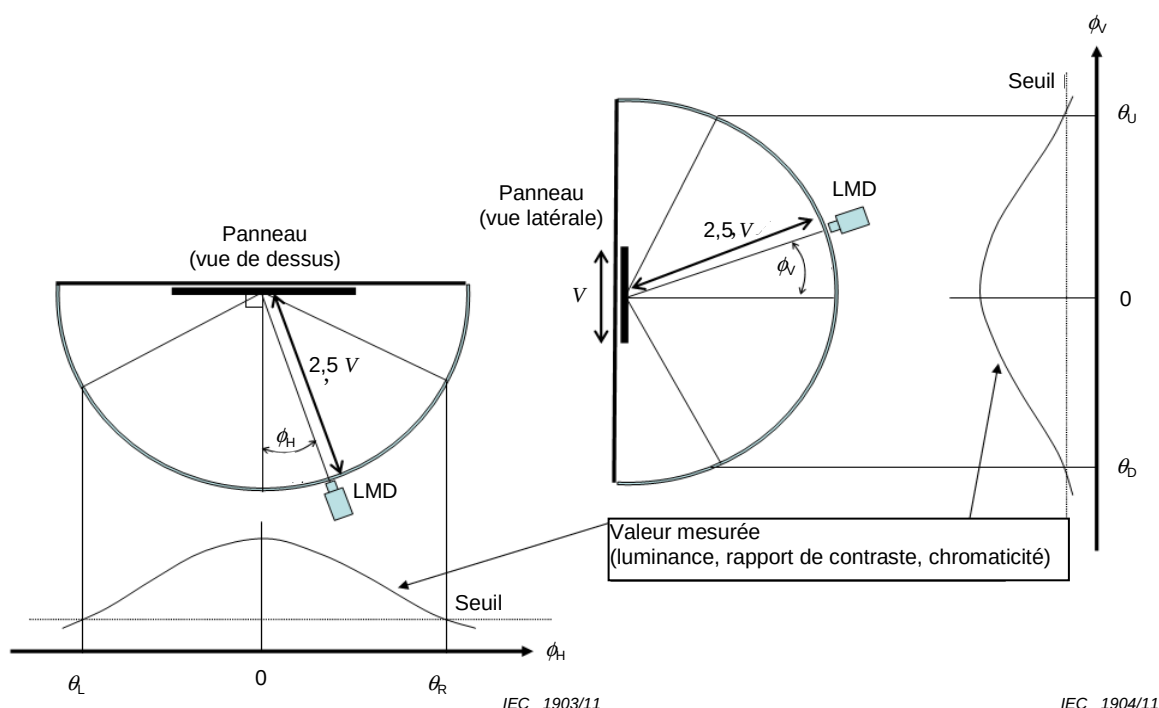
L'équipement suivant doit être utilisé:

- a) alimentation de puissance;
- b) équipement donnant les signaux de commande;
- c) dispositif de mesure de la lumière (LMD);⁵
- d) matériel goniométrique.

6.1.3 Installation de l'équipement de mesure

Les mesures doivent être réalisées avec l'installation de l'équipement de mesure illustrée à la Figure 1. Pour les dispositions ascendante/descendante du LMD, le module PDP peut être incliné plutôt que de déplacer le LMD. On doit veiller à éviter toute influence de la lumière provenant de l'environnement. Lorsqu'une installation de l'équipement de mesure différente est utilisée, ceci doit être indiqué dans le rapport. La Figure 1 donne également un exemple de résultats de mesure. La distance entre le module PDP et le LMD doit être réglée conformément au 5.3.3 de la CEI 61988-2-1:2002.

⁵ LMD = *Light Measuring Device*.



(a) Angle de visualisation horizontal

(b) Angle de visualisation vertical

Légende

- ϕ_H angle horizontal du LMD par rapport à l'écran (variable)
- ϕ_L angle vertical du LMD par rapport à l'écran (variable)
- θ_L angle de visualisation de gauche
- θ_R angle de visualisation de droite
- θ_U angle de visualisation ascendant
- θ_D angle de visualisation descendant
- V hauteur d'écran

Les valeurs seuil sont définies pour chaque élément de mesure, par exemple demi-luminance, rapport de demi-contraste, etc.

Figure 1 – Installation de l'équipement de mesure et exemple de résultats de mesure pour des angles de visualisation horizontal et vertical

6.1.4 Méthode de mesure de l'angle de visualisation de demi-luminance

6.1.4.1 Procédure

La mesure doit être effectuée selon la procédure suivante:

- a) installer le dispositif de mesure de la lumière (LMD), qu'il convient de positionner comme illustré à la Figure 1;
- b) appliquer la fenêtre de 4 % spécifiée dans la CEI 61988-2-1 avec le niveau de 100 % au module PDP;
- c) mesurer la luminance à l'angle perpendiculaire à l'écran;
- d) déplacer l'angle vers la gauche ou vers la droite au moyen d'un dispositif de positionnement goniométrique tel qu'une platine tournante et des cales-étalons angulaires discrètes, afin d'obtenir des alignements angulaires précis ($\pm 1^\circ$) entre la direction du dispositif de mesure de la lumière et la perpendiculaire à l'écran;

- e) mesurer la luminance au centre de l'écran à chaque angle;
- f) déterminer l'angle de visualisation de droite (θ_R) et l'angle de visualisation de gauche (θ_L) auxquels la valeur de la luminance est égale à la moitié de la luminance mesurée à l'angle perpendiculaire à l'écran;

NOTE Les angles de visualisation critiques, θ_R et θ_L sont obtenus en réalisant des tracés des valeurs mesurées pour chaque angle de mesure.

- g) calculer l'angle de visualisation horizontal θ_H comme suit:

$$\theta_H = \theta_L + \theta_R$$

- h) répéter les étapes a) à f) pour mesurer les angles de visualisation ascendant et descendant θ_U et θ_D de la même manière;

- i) calculer l'angle de visualisation vertical θ_V comme suit:

$$\theta_V = \theta_U + \theta_D.$$

6.1.4.2 Expression des résultats

Un exemple de valeurs d'angle mesurées et calculées est indiqué dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Exemple d'angle de visualisation de demi-luminance

Angle de visualisation de demi-luminance					
Horizontal			Vertical		
Angle de visualisation de gauche	Angle de visualisation de droite	Angle de visualisation horizontal	Angle de visualisation ascendant	Angle de visualisation descendant	Angle de visualisation vertical
θ_{L_LIMIT} degré	θ_{R_LIMIT} degré	θ_H degré	θ_{U_LIMIT} degré	θ_{D_LIMIT} degré	θ_V degré
85	85	170	85	85	170

6.1.5 Méthode de mesure de l'angle de visualisation de demi-contraste

6.1.5.1 Procédure

La mesure doit être effectuée selon la procédure suivante:

- a) appliquer les signaux d'essai appropriés (voir c)) au module PDP;
- b) installer le luminancemètre afin de mesurer la luminance au centre de l'écran et à la perpendiculaire;
- c) mesurer le rapport de contraste spécifié au 6.3 de la CEI 61988-2-1:2002 au moyen du motif de fenêtre de 4 % au centre de l'écran;
- d) déplacer l'angle vers la gauche ou vers la droite au moyen d'un dispositif de positionnement goniométrique tel qu'une platine tournante et des cales-étalons angulaires discrètes, afin d'obtenir des alignements angulaires précis ($\pm 1^\circ$) entre la direction du dispositif de mesure de la lumière et la perpendiculaire à l'écran;
- e) mesurer le rapport de contraste au centre de l'écran à chaque angle;
- f) déterminer l'angle de visualisation de droite (θ_R) et l'angle de visualisation de gauche (θ_L) auxquels la valeur maximale mesurée est égale à la moitié du rapport de contraste;

NOTE Les angles de visualisation critiques, θ_R et θ_L sont obtenus en réalisant des tracés des valeurs mesurées pour chaque angle de mesure.

- g) calculer l'angle de visualisation horizontal θ_H comme suit:

$$\theta_H = \theta_L + \theta_R$$

- h) répéter les étapes a) à f) pour mesurer l'angle de visualisation vertical de la même manière;
- i) calculer l'angle de visualisation vertical θ_V comme suit:

$$\theta_V = \theta_U + \theta_D.$$

6.1.5.2 Expression des résultats

Un exemple de valeurs d'angle mesurées et calculées est indiqué dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Exemple d'angle de visualisation de demi-contraste

Angle de visualisation de demi-contraste					
Horizontal			Vertical		
Angle de visualisation de gauche	Angle de visualisation de droite	Angle de visualisation horizontal	Angle de visualisation ascendant	Angle de visualisation descendant	Angle de visualisation vertical
θ_{L_LIMIT} degrés	θ_{R_LIMIT} degrés	θ_H degrés	θ_{U_LIMIT} degrés	θ_{D_LIMIT} degrés	θ_V degrés
85	85	170	85	85	170

6.1.6 Méthode de mesure de l'angle de visualisation de rapport de contraste 10:1

6.1.6.1 Généralités

Le rapport de contraste 10:1 est reconnu comme un critère de rapport de contraste applicable à la lisibilité des lettres ou des caractères. Cet angle de visualisation de rapport de contraste 10:1 spécifie donc un angle de visualisation simplement relatif à la lisibilité de l'affichage.

6.1.6.2 Procédure

La mesure doit être effectuée selon la procédure suivante:

- a) appliquer les signaux d'essai appropriés (voir c)) au module PDP;
- b) installer le luminancemètre afin de mesurer la luminance au centre de l'écran et à la perpendiculaire;
- c) mesurer le rapport de contraste spécifié au 6.3 de la CEI 61988-2-1:2002 au moyen du motif de fenêtre de 4 % au centre de l'écran;
- d) déplacer l'angle vers la gauche ou vers la droite au moyen d'un dispositif de positionnement goniométrique tel qu'une platine tournante et des cales-étalons angulaires discrètes, afin d'obtenir des alignements angulaires précis ($\pm 1^\circ$) entre la direction du dispositif de mesure de la lumière et la perpendiculaire à l'écran;
- e) mesurer le rapport de contraste au centre de l'écran à chaque angle;
- f) déterminer l'angle de visualisation de droite (θ_R) et l'angle de visualisation de gauche (θ_L) auxquels la valeur mesurée est égale au rapport de contraste 10:1.

NOTE Les angles de visualisation critiques, θ_R et θ_L sont obtenus en réalisant des tracés des valeurs mesurées pour chaque angle de mesure.

Si la valeur mesurée est supérieure à 10:1 à tous les angles mesurés, indiquer alors que l'angle de visualisation est supérieur au plus grand angle mesuré. Le plus grand angle mesuré doit être indiqué dans le rapport;

- g) calculer l'angle de visualisation horizontal θ_H comme suit;

$$\theta_H = \theta_L + \theta_R;$$

- h) répéter les étapes a) à f) pour mesurer l'angle de visualisation vertical de la même manière;
- i) calculer l'angle de visualisation vertical θ_V comme suit;

$$\theta_V = \theta_U + \theta_D.$$

6.1.6.3 Expression des résultats

Un exemple de valeurs d'angle mesurées et calculées est indiqué dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Exemple d'angle de visualisation de rapport de contraste 10:1

Angle de visualisation de rapport de contraste 10:1					
Horizontal			Vertical		
Angle de visualisation de gauche	Angle de visualisation de droite	Angle de visualisation horizontal	Angle de visualisation ascendant	Angle de visualisation descendant	Angle de visualisation vertical
θ_{L_LIMIT} degrés	θ_{R_LIMIT} degrés	θ_H degrés	θ_{U_LIMIT} degrés	θ_{D_LIMIT} degrés	θ_V degrés
>85	>85	>170	>85	>85	>170
Le plus grand angle mesuré est de 85° pour toutes les directions.					

6.1.7 Méthode de mesure de l'angle de visualisation chromatique

6.1.7.1 Généralités

Les angles de visualisation chromatiques sont déterminés pour les directions d'angle de visualisation dont le décalage de chromaticité $\Delta(u',v')$ du blanc correspondant aux valeurs mesurées dans la direction perpendiculaire est inférieur à 0,01, ou toute autre valeur seuil convenue:

$$\Delta(u',v') = (\Delta u'^2 + \Delta v'^2)^{1/2}$$

où

$$\Delta u' = u'_\varphi - u'_0,$$

$$\Delta v' = v'_\varphi - v'_0,$$

(u'_φ, v'_φ) : chromaticité mesurée (u', v') pour chaque angle de mesure φ ,

(u'_0, v'_0) : chromaticité mesurée (u', v') comme une référence mesurée dans la direction perpendiculaire.

Il est admis d'utiliser la chromaticité suivante, après transformation des coordonnées trichromatiques x, y en valeur chromatique u', v' :

$$u' = 4x / (3 - 2x + 12y);$$

$$v' = 9y / (3 - 2x + 12y);$$

où x et y sont les coordonnées trichromatiques CIE1931 définies dans la publication CIE 15 et u' et v' sont les coordonnées du diagramme CIE 1976 UCS définies dans la publication CIE 15.

6.1.7.2 Procédure

La mesure doit être effectuée selon la procédure suivante:

- a) appliquer la fenêtre de 4 % spécifiée dans la CEI 61988-2-1 avec le niveau de 100 % en tant que signal d'essai au module PDP. D'autres couleurs peuvent être utilisées si nécessaire;
- b) installer le dispositif de mesure de la lumière pour mesurer la couleur au centre de l'écran et à la perpendiculaire;
- c) mesurer la coordonnée trichromatique dans la direction perpendiculaire;
- d) déplacer l'angle vers la gauche ou vers la droite au moyen d'un dispositif de positionnement goniométrique tel qu'une platine tournante et des cales-étalons angulaires discrètes, afin d'obtenir des alignements angulaires précis ($\pm 1^\circ$) entre la direction du dispositif de mesure de la lumière et la perpendiculaire à l'écran;
- e) mesurer les coordonnées trichromatiques au centre de l'écran à chaque angle;
- f) déterminer l'angle de visualisation de droite (θ_R) et l'angle de visualisation de gauche (θ_L) auxquels la valeur mesurée $\Delta(u',v')$ est égale à 0,01;

NOTE Les angles de visualisation critiques, θ_R et θ_L sont obtenus en réalisant des tracés des valeurs mesurées pour chaque angle de mesure.

- g) calculer l'angle de visualisation horizontal θ_H comme suit:

$$\theta_H = \theta_L + \theta_R;$$

- h) répéter les étapes a) à f) pour mesurer l'angle de visualisation vertical de la même manière;
- i) calculer l'angle de visualisation vertical θ_V comme suit:

$$\theta_V = \theta_U + \theta_D.$$

6.1.7.3 Expression des résultats

Un exemple de valeurs d'angle mesurées et calculées est indiqué dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Exemple d'angle de visualisation chromatique

Angle de visualisation chromatique					
Horizontal			Vertical		
Angle de visualisation de gauche	Angle de visualisation de droite	Angle de visualisation horizontal	Angle de visualisation ascendant	Angle de visualisation descendant	Angle de visualisation vertical
θ_{L_LIMIT} degrés	θ_{R_LIMIT} degrés	θ_H degrés	θ_{U_LIMIT} degrés	θ_{D_LIMIT} degrés	θ_V degrés
85	85	170	85	85	170

6.2 Filage d'image

6.2.1 Objet

L'objet de cette méthode est de mesurer le filage d'image des modules PDP.

6.2.2 Equipement de mesure

L'équipement de mesure suivant doit être utilisé:

- a) alimentation de puissance;
- b) équipement donnant les signaux de commande;
- c) dispositif de mesure de la lumière.

6.2.3 Méthode de mesure du filage d'image

6.2.3.1 Préparation

Les modules PDP doivent être installés dans les conditions normalisées de mesure et dans des conditions de chambre noire.

6.2.3.2 Procédure

Deux types de mires, de niveau moyen de luminance (APL),⁶ élevé (*High*) et faible (*Low*) (voir Figure 2 et Figure 3), doivent être appliqués pour mesurer le filage d'image. La zone blanche est à 100 % de niveau de blanc et la zone noire est à 0 % de niveau de noir respectivement dans la Figure 2 et la Figure 3.

- Appliquer la mire L1 et mesurer les valeurs de luminance de L_{A1} , L_{B1} aux points P_{A1} , P_{B1} de la Figure 2 (a).
- Appliquer la mire L2 et mesurer les valeurs de luminance de L_{A2} , L_{B2} aux points P_{A2} , P_{B2} de la Figure 2 (b).
- Appliquer les mires L3 à L6 et mesurer les valeurs de luminance de L_{A3} , L_{B3} , L_{A4} , L_{B4} , L_{A5} , L_{B5} , L_{A6} , L_{B6} aux points P_{A3} à P_{A6} et P_{B3} à P_{B6} de la Figure 2 (c) à (f).
- Calculer le rapport de filage d'image (ISTR)⁷ pour le niveau APL faible à gauche, au centre et à droite sur l'écran, comme suit:

$$ISTR_{LL} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{L_{A1}}{L_{B1}} \times 100 + \frac{L_{B2}}{L_{A2}} \times 100 \right) [\%]$$

$$ISTR_{LC} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{L_{A3}}{L_{B3}} \times 100 + \frac{L_{B4}}{L_{A4}} \times 100 \right) [\%]$$

$$ISTR_{LR} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{L_{A5}}{L_{B5}} \times 100 + \frac{L_{B6}}{L_{A6}} \times 100 \right) [\%]$$

$ISTR_{LL}$: rapport de filage d'image pour le niveau APL faible à gauche

$ISTR_{LC}$: rapport de filage d'image pour le niveau APL faible au centre

$ISTR_{LR}$: rapport de filage d'image pour le niveau APL faible à droite

- Appliquer la mire H1 et mesurer les valeurs de luminance de L_{C1} , L_{D1} aux points P_{C1} , P_{D1} de la Figure 3 (a).
- Appliquer la mire H2 et mesurer les valeurs de luminance de L_{C2} , L_{D2} aux points P_{C2} , P_{D2} de la Figure 3 (b).
- Appliquer les mires H3 à H6 et mesurer les valeurs de luminance de L_{C3} , L_{D3} , L_{C4} , L_{D4} , L_{C5} , L_{D5} , L_{C6} , et L_{D6} aux points P_{C3} à P_{C6} et P_{D3} à P_{D6} de la Figure 3 (c) à (f).
- Calculer le rapport de filage d'image (ISTR) pour le niveau APL élevé à gauche, au centre et à droite sur l'écran, comme suit:

$$ISTR_{HL} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{L_{D1}}{L_{C1}} \times 100 + \frac{L_{C2}}{L_{D2}} \times 100 \right) [\%]$$

⁶ APL= Average Picture Level.

⁷ ISTR = Image Streaking Ratio.

$$\text{ISTR}_{\text{HC}} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{L_{\text{D3}}}{L_{\text{C3}}} \times 100 + \frac{L_{\text{C4}}}{L_{\text{D4}}} \times 100 \right) [\%]$$

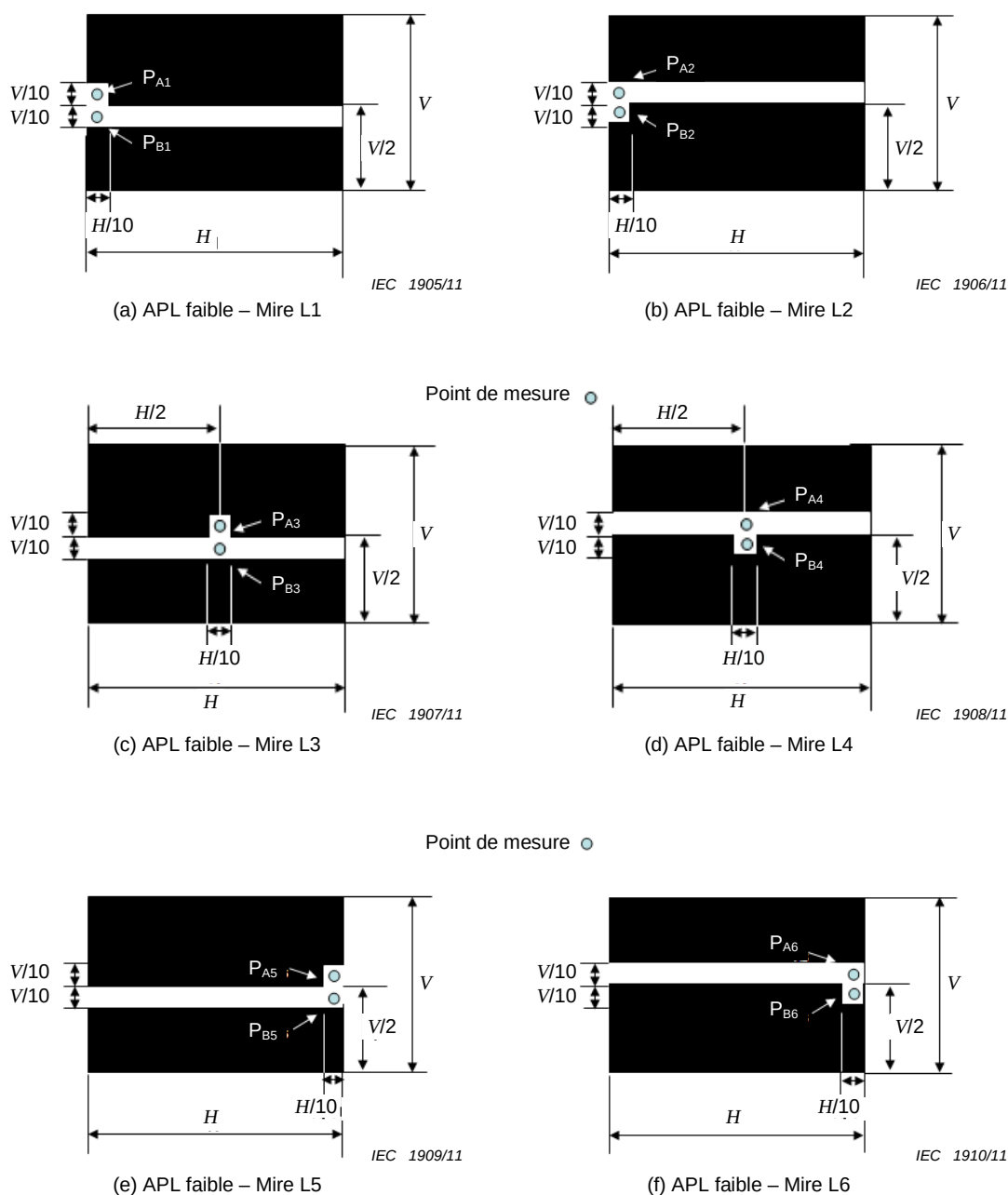
$$\text{ISTR}_{\text{HR}} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{L_{\text{D5}}}{L_{\text{C5}}} \times 100 + \frac{L_{\text{C6}}}{L_{\text{D6}}} \times 100 \right) [\%]$$

ISTR_{HL}: rapport de filage d'image pour le niveau APL élevé à gauche

ISTR_{HC}: rapport de filage d'image pour le niveau APL élevé au centre

ISTR_{HR}: rapport de filage d'image pour le niveau APL élevé à droite

Point de mesure ●



Légende

H Largeur d'écran
V Hauteur d'écran

Figure 2 – Mires pour filage d'image de niveau APL faible et points de mesure

6.2.3.3 Expression des résultats

Calculer les valeurs selon les équations ci-dessous et consigner les valeurs de rapport de filage d'image (ISTR) dans le Tableau 5.

$$ISTR_{LOW_APL} = \frac{1}{3} \times (ISTR_{LL} + ISTR_{LC} + ISTR_{LR}) \text{ [%]}$$

$$ISTR_{HIGH_APL} = \frac{1}{3} \times (ISTR_{HL} + ISTR_{HC} + ISTR_{HR}) \text{ [%]}$$

Tableau 5 – Exemple de consignation du rapport de filage d'image

ISTR _{LOW APL}	ISTR _{HIGH APL}
107,4 %	102,4 %

6.3 Papillotement

6.3.1 Objet

L'objet de cette méthode est de mesurer la modulation de luminance qui provoque le papillotement des modules PDP.

6.3.2 Equipement de mesure

L'équipement de mesure suivant doit être utilisé:

- a) alimentation de puissance;
- b) équipement donnant les signaux de commande;
- c) dispositif de mesure de la lumière à résolution temporelle;
- d) analyseur de spectre.

6.3.3 Méthode de mesure du papillotement

6.3.3.1 Préparation

Afin de pouvoir déterminer la dépendance temporelle de la luminance, un dispositif de mesure de la lumière disposant d'une réponse suffisamment rapide et de la capacité de mesure de la luminance doit être utilisé. La réponse du dispositif de mesure de la lumière, $V(t)$, est proportionnelle à la luminance et exprimée en volts. Le signal de sortie doit être connecté de manière appropriée au filtre (afin d'éviter les réflexions de signal dans le câble de connexion). Le dispositif de mesure de la lumière ne doit présenter aucune saturation à la valeur crête du profil de luminance.

NOTE Ceci peut être vérifié avec un oscilloscope. Le système de mesure et sa configuration sont représentés à la Figure 4.

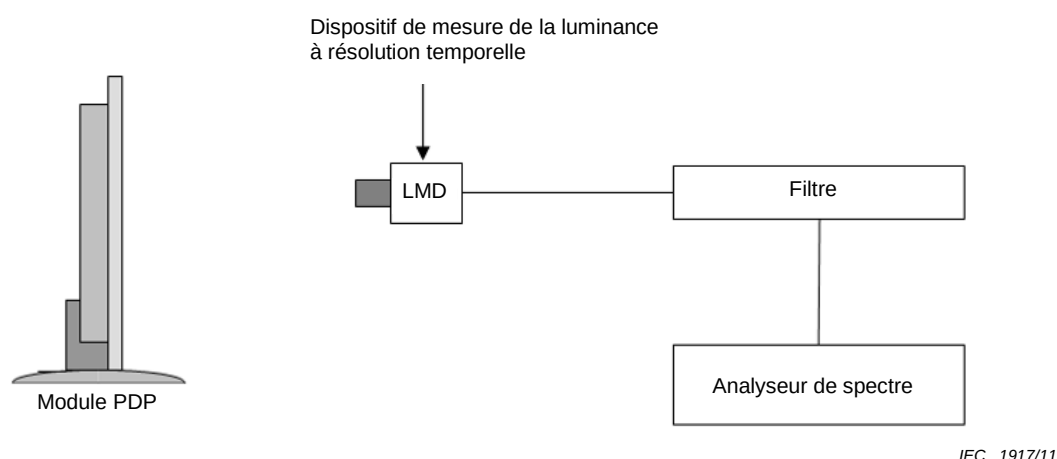
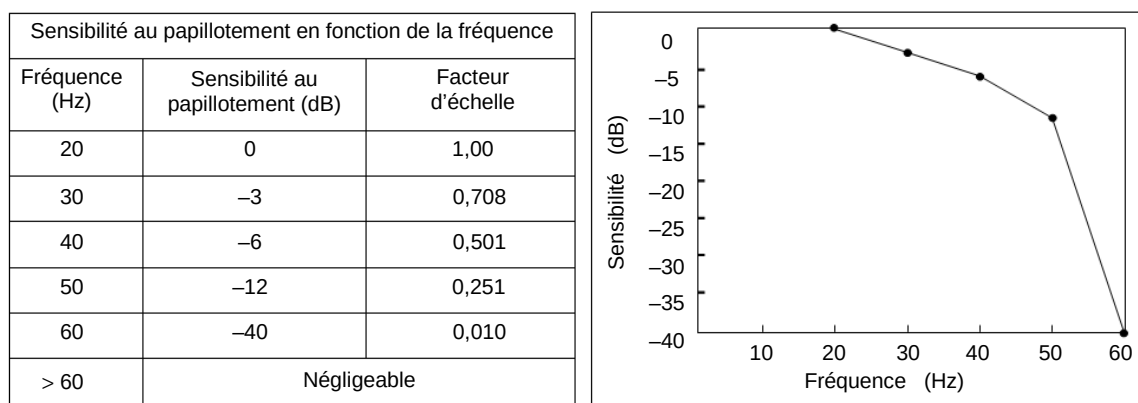


Figure 4 – Système de mesure et sa configuration

Il convient de soumettre à essai le filtre qui doit au moins être de conception à 4 pôles, pour éviter tout « repliement » dans l'analyseur de spectre. Le filtre doit avoir une largeur de bande minimale comprise entre 0 Hz et 150 Hz (± 3 dB), et une bande passante de -60 dB ou moins à la fréquence d'échantillonnage de l'analyseur de spectre. Le dispositif de mesure de la lumière peut être positionné à tout angle et point de mesure spécifiés en tout emplacement sur l'écran qui fournit le cas de papillotement le plus défavorable.



NOTE Voir la CEI 61747-6

Figure 5 – Courbe de sensibilité au papillotement

La réponse en fréquence de l'œil humain doit être prise en compte en multipliant numériquement le spectre de puissance mesuré (voir Figure 6) par les facteurs d'échelle donnés à la Figure 5.

6.3.3.2 Mire

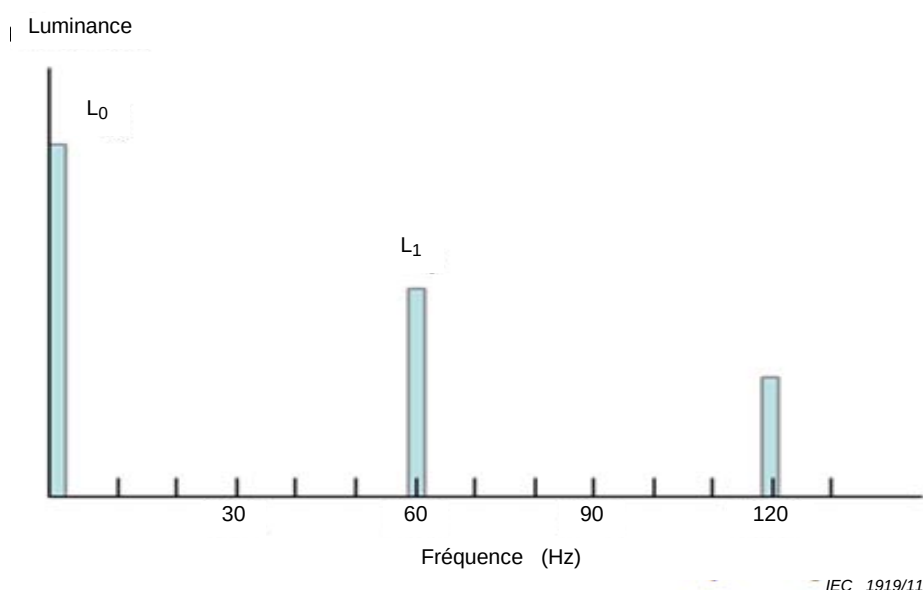
La mire type est un plein écran blanc d'un niveau déterminé par la procédure de mesure de 6.3.3.3.

6.3.3.3 Procédure

La procédure d'analyse ci-dessous suppose le profil de luminance $V(t)$ exprimé en volts ou toute autre unité proportionnelle à la luminance:

- appliquer un signal blanc plein écran de niveau 100 %;
- déterminer le motif de papillotement le plus défavorable à variation des niveaux de gris du blanc au noir;
- déterminer le spectre de puissance pour le cas le plus défavorable;
- P_0 est l'amplitude du niveau de luminance obtenu à la fréquence de 0 Hz. Déterminer les produits suivants en multipliant les facteurs d'échelle spécifiés à la Figure 5 par toutes les composantes mesurées du spectre. Sélectionner P_1 à partir de ces produits comme le produit dominant;
- calculer le niveau de papillotement comme suit:

$$\text{Niveau de papillotement} = 10 \log_{10} (P_1 / P_0) \text{ [dB]}.$$



Légende

- L_0 Niveau de luminance obtenu à la fréquence de 0 Hz
 L_1 Niveau de luminance obtenu à la fréquence dominante de 50 Hz ou 60 Hz

Figure 6 – Mesure du spectre de la luminance en fonction de la fréquence

6.3.3.4 Expression des résultats

Un exemple de niveau de papillotement mesuré et calculé est indiqué dans le Tableau 6.

Tableau 6 – Tableau de consignation du niveau de papillotement

Niveau de papillotement	-19 [dB]
Niveau de papillotement = $10 \log_{10} (P_1 / P_0) \text{ [dB]}$	

6.4 Résolution d'images mobiles

6.4.1 Généralités

L'objet de cette méthode est de mesurer la résolution des images mobiles. La méthode définie dans le présent article comprend la méthode subjective (6.4.2) et la méthode objective (6.4.3). La méthode d'essai utilisée pour la mesure doit être indiquée dans le rapport. La méthode subjective est plus simple que la méthode objective. La méthode objective s'applique à un essai automatisé. Les deux méthodes se sont révélées donner des résultats similaires. Se reporter à la documentation spécialisée répertoriée à la fin de l'Annexe B.

L'Annexe A décrit un exemple de méthode de simulation possible et permet de mieux comprendre le phénomène.

L'Annexe B donne des informations techniques relatives à la "résolution d'images mobiles".

6.4.2 Méthode subjective de mesure de la résolution d'images mobiles

6.4.2.1 Généralités

Cette méthode est fondée sur une technique subjective facile à réaliser et qui peut constituer une bonne indication des caractéristiques des images mobiles dans la mesure où elle procède à leur observation directe.

6.4.2.2 Équipement de mesure

L'équipement de mesure suivant doit être utilisé:

- a) alimentation de puissance du module PDP;
- b) générateur de signal conforme aux exigences décrites en 6.4.2.3.

6.4.2.3 Exigences relatives au générateur de signal

Le générateur de signal à utiliser pour cette mesure doit satisfaire aux exigences suivantes:

- a) générer le signal d'essai décrit en 6.4.2.4;
- b) générer le signal d'essai avec déplacements à l'écran dans les directions et aux vitesses spécifiées;
- c) si la fréquence spatiale qui n'est pas totalement adaptée à la capacité d'adressage du module PDP est nécessaire, il est préférable d'appliquer un déplacement de 0,5 pixel par trame (ppf)⁸, pour obtenir un résultat précis.

NOTE Pour une explication de la méthode de sous-échantillonnage, voir l'Article B.4.

6.4.2.4 Signal d'essai de mesure

Le signal d'essai pour cette mesure peut être choisi parmi les éléments suivants:

- mire sous la forme de coins, ou
- signal sinusoïdal à variation de fréquences spatiales (voir 6.4.3.6).

L'amplitude et le niveau du fond du motif doivent être contrôlés comme des paramètres de mesure. Voir 6.4.3.6.

La mire sous la forme de « coins » est constituée de lignes qui présentent une variation de la fréquence spatiale. Voir Figure 7.

NOTE Le motif de coin applicable à la mesure de la résolution est également utilisé dans la CEI 60107-1.

6.4.2.5 Procédure de mesure

Le module PDP doit être installé dans la condition normalisée de mesure.

L'observateur doit être positionné à une distance d'observation optimale du module à l'endroit où la résolution de l'image est parfaitement nette.

NOTE 1 La distance optimale appliquée dans le cas présent est différente de la distance habituelle appliquée pour les autres mesures, 2,5 V.

⁸ ppf = Pixel Per Field.

L'image d'essai spécifiée en 6.4.2.4 doit être utilisée. L'image est déplacée selon les paramètres suivants:

- directions: de la gauche vers la droite (horizontale), et du haut vers le bas (verticale);
- vitesse: 1/15 écran/s, 1/10 écran/s, 1/5 écran/s et 1/3 écran/s,

où l'unité de vitesse exprimée ici est l'inverse du temps (en seconde) de déplacement de l'image d'une extrémité à l'autre de l'écran. Par exemple, 1/15 écran/s signifie un écran par 15 secondes. Lorsque la vitesse de déplacement doit être exprimée en ppf, il convient de transformer l'unité de vitesse écran/s en pixel par trame (ppf) (voir Note 2). Le Tableau 7 en donne un exemple. Les nombres en pixel par trame (ppf) sont définis en multiple de 0,5. Dans certain cas, il est nécessaire d'utiliser un nombre non entier (0,5) pour exprimer la vitesse en pixel par trame (ppf), afin d'obtenir un résultat d'essai précis. Ceci peut être réalisé par la méthode de sous-échantillonnage indiquée en 6.4.2.3. La signification de 0,5 ppf (pixel par trame) est explicitée en B.4. Une explication de l'unité est donnée en B.3.

NOTE 2 L'unité "ppf (pixel par trame)"⁹ est communément utilisée. $v[\text{ppf}] = N_p / (t_p[\text{s}] \times f[\text{Hz}])$, où v est la vitesse en ppf, N_p est le nombre de pixels, t_p est le temps de déplacement de l'image d'une extrémité à l'autre de l'écran, et f est une durée de trame, respectivement.

NOTE 3 Si une valeur exacte de la vitesse ne peut pas être obtenue, il convient d'utiliser la valeur disponible la plus proche.

Tableau 7 – Comparaison des unités de vitesse de déplacement

	Résolution de signal							
	1 366 × 768				1 920 × 1 080			
Vitesse de déplacement écran/s	1/15	1/10	1/5	1/3	1/15	1/10	1/5	1/3
Vitesse de déplacement transformée en ppf	1,5	2,5	4,5	7,5	2	3	6,5	10,5

NOTE Les valeurs sont fondées sur un système à 60 Hz.

La valeur de résolution d'images mobiles est évaluée en fonction de la limite visible de la fréquence de l'image d'essai, telle que spécifiée en 6.4.2.6. Les données de résolution parasite doivent être omises, dans la mesure où elles présentent une fréquence spatiale plus élevée que la résolution limite.

Consigner les nombres correspondants de résolution.

6.4.2.6 Évaluation visuelle de la résolution limite

La Figure 7 illustre un motif visuel typique d'un coin de définition (a) et d'une pile (chaîne) de motifs sinusoïdaux de salve (b). Dans un motif de coin de définition, la résolution limite peut être considérée comme le point de "torsion" des lignes. On peut observer la résolution parasite sous la résolution limite. La résolution parasite peut être considérée comme la phase inverse du motif ou la modification du nombre de lignes. Par exemple, dans la Figure 7(a), les quatre lignes initiales se transforment en trois lignes sous le point de résolution limite.

S'agissant de la pile du motif de salve illustrée à la Figure 7(b), l'évaluation est réalisée comme l'indique la figure. Les observateurs (y compris les machines automatisées) évaluent chaque motif comme « satisfaisant » (OK) ou « non satisfaisant ». La résolution limite est déterminée comme étant située dans l'intervalle entre motif satisfaisant et motif non

⁹ ppf = Pixel Per Field.

satisfaisant. Ce principe de pile du motif de salve est adapté au système automatisé appliqué pour la méthode objective décrite en 6.4.3.

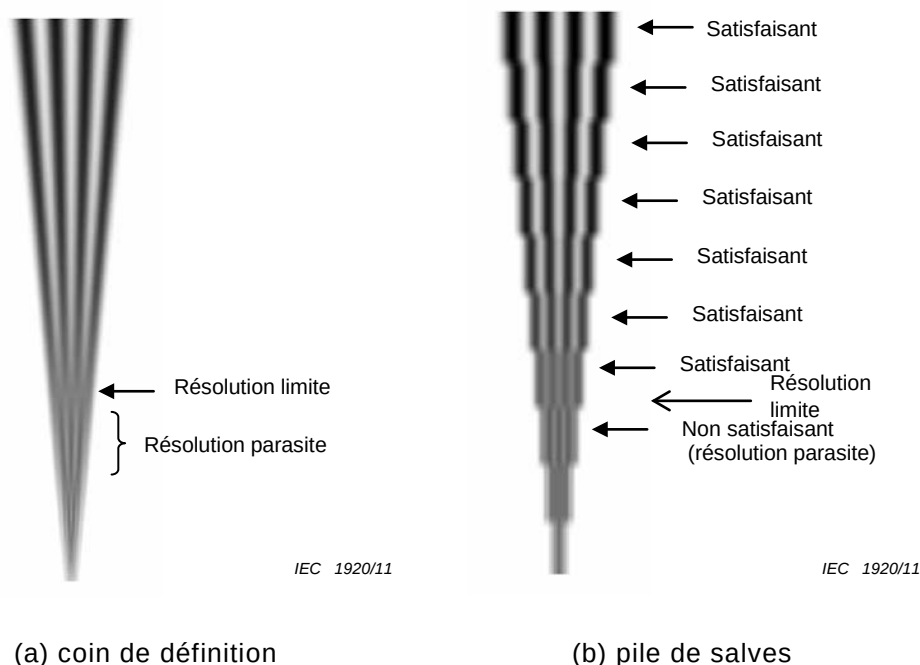


Figure 7 – Motif d'image pour l'évaluation de la résolution

6.4.3 Méthode objective de mesure de la résolution d'images mobiles

6.4.3.1 Généralités

Cette méthode est fondée sur une simulation du phénomène, réalisée au moyen d'un oculomètre de suivi des images mobiles. Il convient de vérifier que les résultats d'essai sont raisonnablement cohérents avec ceux de la méthode subjective.

NOTE Lorsqu'on utilise le motif de coin, il est conseillé de valider le cas échéant les paramètres de mesure et d'analyse en vérifiant le contraste de l'image capturée par rapport à l'image perçue (avec ou sans résolution) par l'observateur.

6.4.3.2 Equipement de mesure

L'équipement de mesure suivant doit être utilisé:

- a) alimentation de puissance;
- b) générateur de signal conforme aux exigences décrites en 6.4.3.5;
- c) système de caméra (vidéo) de suivi d'images;
- d) ordinateur de calcul de la transformée de Fourier.

6.4.3.3 Exigences relatives au générateur de signal

Le générateur de signal à utiliser pour cette mesure doit satisfaire aux exigences suivantes:

- a) générer le signal d'essai décrit en 6.4.3.5;
- b) générer le signal d'essai avec déplacements à l'écran dans les directions et aux vitesses spécifiées;

- c) si la fréquence spatiale qui n'est pas totalement adaptée à la capacité d'adressage du module PDP est nécessaire, il est préférable d'appliquer un déplacement de 0,5 pixel par trame (ppf)¹⁰ pour obtenir un résultat précis.

NOTE Voir l'Article B.3.

6.4.3.4 Description et exigences relatives au système de caméra de suivi d'images

Le système de caméra de suivi d'images reproduit les mouvements de suivi de l'œil humain. La dégradation de la résolution des images mobiles est due à un défaut d'adaptation entre les images mobiles sur l'écran pour chaque trame et leur suivi uniforme par l'œil humain.

Le système de caméra de suivi d'images peut comprendre les sous-systèmes suivants:

- a) caméra CCD¹¹ (dispositif à couplage de charge) avec obturateur;
- b) oculomètre optique;
- c) accumulateur et système de synchronisation.

La fonction de sensibilité de la caméra CCD doit être dûment similaire à celle de l'œil humain, le facteur de luminosité $V(\lambda)$. L'oculomètre peut être un système mécanique permettant de déplacer la caméra selon le déplacement de l'image d'essai, ou un système optique utilisant des miroirs tournants et des lentilles permettant au système de suivre de manière uniforme le déplacement de l'image d'essai. Il convient que le dispositif CCD dispose d'un nombre suffisant de pixels pour satisfaire aux critères de Nyquist.

Le déplacement de l'image d'essai, le balayage du système de suivi et la temporisation de l'obturateur doivent être synchronisés afin de capturer la même position de l'image d'essai sur le dispositif CCD. L'image capturée est cumulée ou exposée pendant une période d'un multiple entier de la durée de trame. Lorsqu'on applique la méthode de sous-échantillonnage, la durée d'exposition doit être un multiple entier pair de la durée de trame.

Il est possible de se reporter à la CEI 61747-6-3.

6.4.3.5 Signal d'essai de mesure

Le signal d'essai utilisé pour cette mesure doit comprendre:

- un signal sinusoïdal du domaine de la luminance à variation de fréquences spatiales (voir 6.4.3.6).

Le signal d'entrée fourni au module doit tenir compte de la fonction gamma inverse du traitement vidéo, afin d'obtenir un signal sinusoïdal dans le domaine de la luminance.

Il convient que l'échelon de luminance du générateur de signal soit étalonné pour être linéaire pour la luminance d'affichage, y compris la correction de gamma de l'affichage.

L'amplitude et le niveau du fond du motif doivent être contrôlés comme des paramètres de mesure.

Le signal d'essai peut être le même pour les deux méthodes de mesure, subjective et objective.

6.4.3.6 Paramètres relatifs à la mire

Le déplacement de l'image d'essai doit être choisi selon les paramètres suivants:

¹⁰ ppf = Pixel Per Field.

¹¹ CCD = Charge Coupled Device.

- directions: de la gauche vers la droite (horizontale), et du haut vers le bas (verticale);
- vitesse: 1/15 écran/s, 1/10 écran/s, 1/5 écran/s et 1/3 écran/s,

où l'unité de vitesse exprimée ici est l'inverse du temps (en secondes) de déplacement de l'image d'une extrémité à l'autre de l'écran. Par exemple, 1/15 écran/s signifie un écran par 15 s.

NOTE 1 Voir la Note 2 et le Tableau 7 en 6.4.2.5.

Il convient de choisir la fréquence du signal d'essai parmi les valeurs suivantes ou autres valeurs appropriées:

Fréquence: 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 950, et 960 (cycles/écran)

NOTE 2 Si nécessaire, il est possible d'utiliser les valeurs de résolution conformes au module PDP. Par exemple, il est recommandé d'utiliser des valeurs de 320 ou 480 cycles/écran. Ces valeurs sont appropriées au format commun de télévision tel que 1 920 x 1 080.

Ces valeurs ne sont pas toutes nécessaires, cependant les valeurs correctes doivent être choisies pour obtenir la résolution limite valide (voir 6.4.3.7) par interpolation et également pour éviter toute résolution parasite.

Il convient de choisir l'amplitude et le niveau du fond du signal d'essai (voir Figure 8) selon les paramètres suivants:

- niveau de crête du blanc I_p : niveau de gris de 100 %, 75 % et 50 %;
- amplitude de modulation (AM): 1/1 I_p , 1/2 I_p , et 1/4 I_p .

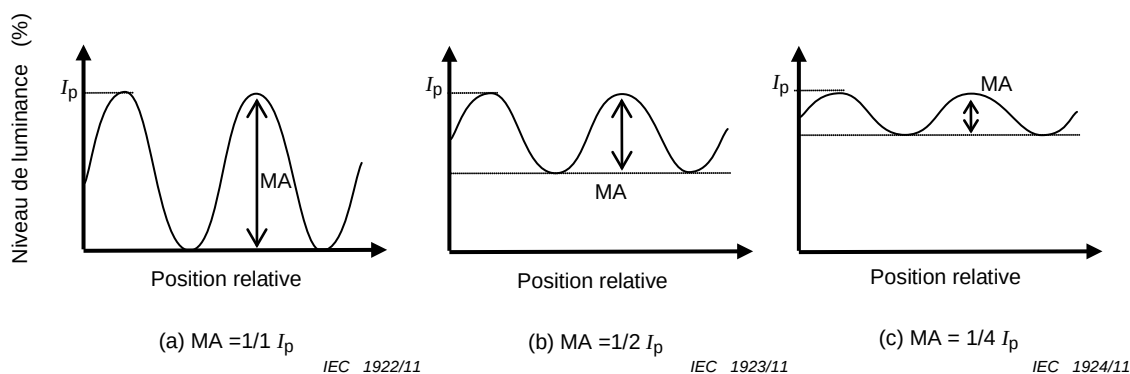


Figure 8 – Niveau de crête et amplitude du signal d'essai

6.4.3.7 Procédure de mesure

Le module PDP doit être installé dans la condition normalisée de mesure.

Le système de mesure doit être positionné à la bonne distance du module PDP. Afficher l'image d'essai avec les paramètres décrits en 6.4.3.6 et mesurer la résolution selon la procédure suivante pour chaque fréquence.

- Capturer l'image et déterminer les données unidimensionnelles. La Figure 8 en donne un exemple.
- Calculer la valeur de réponse $I(f_p)$ selon l'une des méthodes suivantes:
 - Calcul de la modulation, tel que $I(f_p) = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$, où $I_{\max}$ est la valeur maximale de la forme d'onde observée, et $I_{\min}$ est la valeur minimale de la forme d'onde observée (voir Figure 9).

- 2) La transformée de Fourier (voir Figure 10). $I(f_p)$ est obtenue en fonction d'une valeur de crête indiquée dans la figure à la fréquence de f_p . Voir Figure 10.

NOTE 1 Si le dispositif CCD dispose d'un nombre suffisant de pixels pour satisfaire aux critères de Nyquist, il est alors possible d'appliquer toute méthode de FFT (transformée de Fourier rapide). Dans le cas contraire, il convient de ne pas appliquer la méthode de FFT.

- c) Reporter les valeurs $I(f_p)$ pour chaque fréquence du signal d'entrée sur un graphique où les axes horizontal et vertical sont réglés aux valeurs de résolution et de puissance, respectivement. La résolution R_s peut être convertie de la fréquence spatiale f_p comme suit:

$$R_s = 2 f_p \quad [\text{ligne/écran}]$$

où

R_s est la valeur de résolution en ligne/écran;

f_p est la fréquence spatiale du signal d'entrée en cycle/écran.

Lorsqu'on utilise la transformée de Fourier pour le calcul tel que décrit en b) 2), la fréquence spatiale d'un pixel /CCD est convertie en cycle/écran comme suit:

$$f_p = N_p f_c / \delta \quad [\text{cycle/écran}]$$

où

δ est le rapport entre le pixel de PDP et le pixel de CCD;

N_p est le nombre total de pixels du module PDP dans la direction associée;

f_c est la fréquence spatiale de l'image CCD (1pixel/CCD).

La valeur de réponse pour la fréquence spatiale de 0, $I(0)$ peut être obtenue à partir de la mesure avec une forme d'onde échelonnée.

La Figure 10 en donne un exemple. Définir la résolution limite R_{lim} en fonction d'une fréquence spatiale qui indique une valeur de réponse (puissance) de 5 % de la valeur maximale de contraste.

NOTE 2 La valeur de 5 % s'est révélée appropriée pour assurer la cohérence entre la méthode subjective et la méthode objective. Voir la bibliographie. La résolution d'images mobiles est définie en valeurs de résolution limite pour la vitesse de déplacement spécifique. Ceci est exprimé par l'unité "pixel/écran".

Chaque forme d'onde obtenue doit être vérifiée pour éviter toute résolution parasite. Ceci peut être réalisé par examen visuel ou détection d'un décalage de phase.

La vitesse de déplacement, l'amplitude et le niveau du fond utilisés pour la mesure doivent être indiqués dans le rapport.

NOTE 3 L'unité utilisée dans le présent document pour R_s et R_{lim} est la ligne ou ligne/écran. Elle peut facilement être convertie en ligne télévisuelle bien connue.

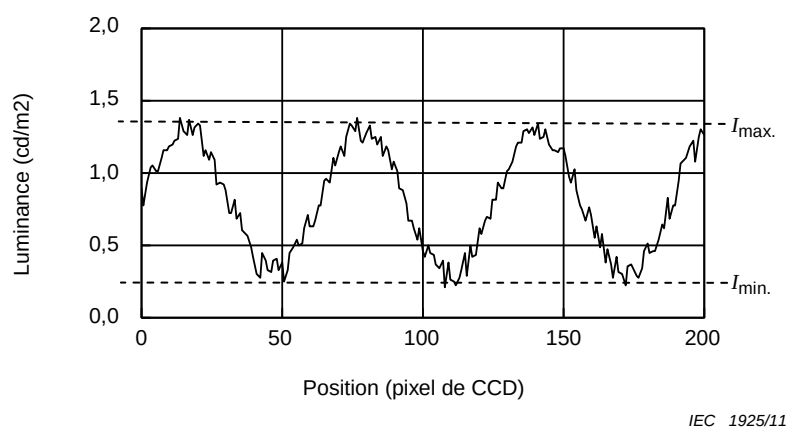


Figure 9 – Exemple d'image capturée

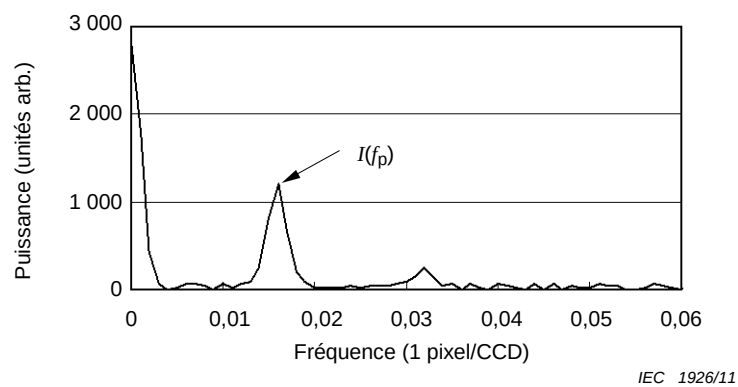


Figure 10 – Exemple de transformée de Fourier

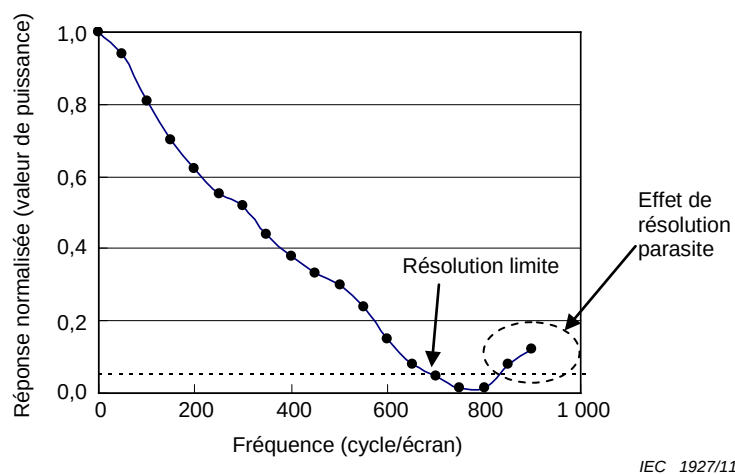


Figure 11 – Exemple d'évaluation de la résolution limite

Annexe A (informative)

Méthode de simulation de la résolution d'images mobiles

A.1 Description générale

Les performances de rendu de déplacement d'images du PDP concernent à la fois les caractéristiques lumineuses du panneau et l'œil humain. Lorsque l'on visualise une image mobile, on suppose que la perception visuelle humaine a les propriétés suivantes:

- suivi oculaire uniforme de l'objet;
- intégration temporelle de luminance dans le cadre d'une période de trame.

Sur la base de ces hypothèses, deux approches différentes sont utilisées pour caractériser les artéfacts associés aux motifs mobiles qui reproduisent étroitement la manière dont l'œil humain les perçoit:

- système de caméra de suivi,
- méthode de simulation selon la réponse de luminance temporelle mesurée par des détecteurs optiques fixes.

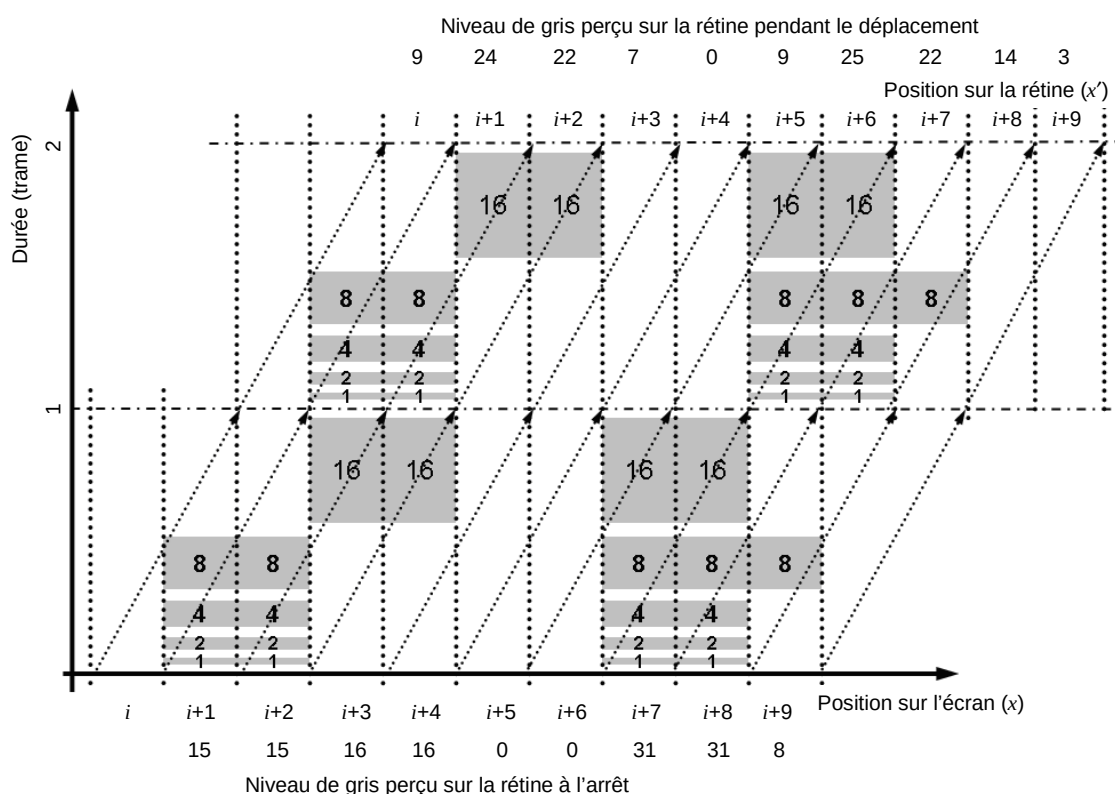
Cette annexe traite de la méthode de simulation fondée sur la réponse de luminance temporelle mesurée. Elle présente en premier lieu le modèle de simulation. Elle explique ensuite le montage de mesure physique qui permet d'enregistrer les caractéristiques lumineuses du panneau. Les caractéristiques lumineuses mesurées permettent au logiciel mis en œuvre de simuler le suivi oculaire uniforme et l'intégration temporelle de lumière de la rétine. Cette méthode permet de prévoir la perception du déplacement horizontal d'une image mobile. Un motif d'onde sinusoïdale à variation de fréquences spatiales est appliqué comme mire pour calculer la courbe de la MTF.

A.2 Modèle de simulation

A.2.1 Principe de simulation

La documentation spécialisée [1, 2, 4]¹² a étudié et analysé de manière approfondie le phénomène fondamental des artéfacts mobiles. Ces études montrent que les artéfacts mobiles dépendent de la technologie d'affichage à écran plat particulière et des propriétés de l'œil humain, c'est-à-dire le suivi oculaire uniforme d'observation d'un objet en mouvement. Les artéfacts mobiles peuvent être dus à une incohérence entre les caractéristiques lumineuses de l'affichage et l'œil humain. Les caractéristiques lumineuses de l'affichage peuvent être les caractéristiques de stabilité d'un affichage à cristaux liquides ou de synchronisation de sous-trame d'un affichage PDP. Lorsque l'image se déplace (défilement), l'œil suit de manière uniforme l'image mobile et intègre la lumière temporelle le long de la trajectoire de déplacement, indiquée par les flèches en pointillé sur la Figure A.1. La perception de l'image correspond à l'intégration de la lumière temporelle au cours d'une durée de trame dans la direction de suivi. Elle peut être rendue discrète par l'échantillonnage de chaque pixel dans l'image réelle perçue en fonction de la position correspondante de la rétine, telle qu'indiquée en haut de la Figure A.1.

¹² Les chiffres entre crochets réfèrent à l'Article A.5.



IEC 1928/11

Figure A.1 – Principe de simulation des artéfacts mobiles pour une configuration de sous-trame binaire à 5 bits

A.2.2 Algorithme de simulation

Dans la mesure où le mécanisme d'artéfact est simple et direct, il est possible d'utiliser un algorithme précis pour simuler les images perçues. Lorsqu'une image se déplace sur l'écran à une vitesse de v pixels par trame, l'image perçue peut être calculée par l'intégration de la luminance temporelle, en tenant compte du décalage de position au cours du suivi oculaire de l'image mobile. L'image perçue est exprimée par l'équation (A.1).

$$L'(x') = \frac{1}{T_f} \sum_{i=0}^{v-1} \int_{(i-x')T_f/v}^{(i+1-x')T_f/v} L(i, t) dt \quad (\text{A.1})$$

où

x' est la position sur l'axe d'observation qui représente une coordonnée projective rétinienne sur l'écran, telle que représentée à la Figure A.1;

i est un indice des pixels de balayage oculaire en suivi uniforme;

T_f est la durée de trame;

v est la vitesse de déplacement constante en pixels par trame (un nombre entier);

$L(i, t)$ est le rendement lumineux de la colonne i du pixel;

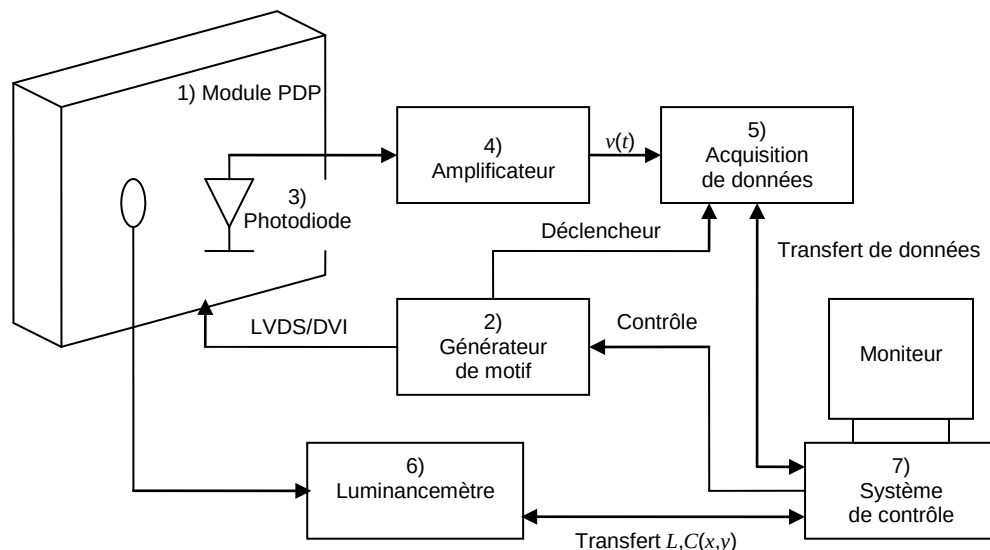
$L'(x')$ est la luminance perçue sur l'axe d'observation; elle est égale à la somme de l'intégration de l'intensité lumineuse sur tous les pixels de balayage pendant une période de T_f/v .

Ainsi, une fois la valeur de $L(i, t)$ obtenue par la mesure indiquée en A.3, le modèle de simulation permet de prévoir l'image mobile perçue.

A.3 Méthode de mesure

A.3.1 Système de mesure

La Figure A.2 illustre un schéma de montage de mesure de la réponse de lumière temporelle.



IEC 1929/11

Figure A.2 – Montage de mesure de la réponse temporelle échelonnée

Le montage de mesure illustré à la Figure A.2 comprend les éléments listés ci-après.

Un générateur de motif qui génère les mires dans la résolution d'affichage d'origine aux fréquences de rafraîchissement applicables. Le générateur de motif dispose de préférence d'un terminal de contrôle ou d'une interface qui permet de choisir le motif et de démarrer et arrêter la procédure de mesure. La sortie du générateur de motif comprend un ou plusieurs terminaux LVDS et/ou DVI, qui peuvent être connectés au(x) terminal(aux) d'entrée de l'affichage. Il convient que le générateur de motif comporte également un signal de sortie de déclenchement qui peut être utilisé pour synchroniser le processus d'acquisition de données.

Une photodiode à réponse rapide d'une sensibilité spectrale adaptée à la fonction d'efficacité lumineuse relative spectrale $V(\lambda)$ en vision photopique. Cette photodiode est utilisée pour capturer la variation de luminance temporelle, produite par le module PDP.

Un amplificateur de signal est utilisé pour l'amplification du signal permettant de l'adapter à la portée du signal d'entrée du dispositif d'acquisition de données 5), et pour le filtrage passe-bas permettant d'atténuer le rapport signal-bruit.

Un dispositif d'acquisition de données qui enregistre le signal amplifié $v(t)$ de la photodiode. La fréquence d'échantillonnage doit être d'au moins 400 kHz pour assurer l'acquisition des données de luminance temporelle avec une résolution temporelle suffisante. Il convient également d'associer la fréquence d'échantillonnage à la fréquence de rafraîchissement de l'affichage pour assurer une analyse temporelle précise des données. Un oscilloscope ou une carte de saisie des données peut être utilisé(e) pour obtenir le signal de luminance à variation temporelle.

Un luminancemètre qui enregistre la luminance de l'affichage pour chaque code d'entrée (0 à 255 pour un signal d'entrée à 8 bits). Ces informations permettent de traduire le signal de la photodiode à variation temporelle $v(t)$ en un signal de luminance à variation temporelle $L(t) = f(v(t))$. Afin de pouvoir automatiser les mesures, les données de luminance L et des

coordonnées trichromatiques $C(x,y)$ peuvent être transférées au système de contrôle 7) via une interface normalisée (par exemple RS232 ou USB).

Un système de contrôle peut être utilisé pour démarrer la procédure de mesure, recueillir et traiter toutes les données. Un ordinateur personnel peut être utilisé pour ce système.

A.3.2 Processus de mesure

La réponse impulsionnelle temporelle peut être mesurée, pour chaque niveau de gris, par le système de mesure décrit ci-dessus. Dans la mesure où les caractéristiques de réponse impulsionnelle dépendent des fenêtres des mires du module PDP, la condition du motif de charge revêt une importance toute particulière.

En règle générale, seules 255 courbes de réponse impulsionnelle (la transition entre les niveaux de gris 0 à 1,...,255) sont nécessaires dans la mesure où les caractéristiques d'émission lumineuse des PDP sont linéaires. Il est également facile de calculer d'autres transitions entre les niveaux de gris en appliquant la méthode de combinaison et d'interpolation linéaire [3].

A.4 Calcul de la MTF selon le modèle de simulation

L'image d'entrée fixe initiale est considérée comme la référence (voir la partie gauche de la Figure A.3), et l'image perçue est calculée selon le modèle de simulation (voir la partie droite de la Figure A.3 par exemple). Le taux de modulation est ensuite calculé avec la formule suivante pour chaque fréquence f_p (voir également 6.4.3.7):

$$MD_{per}(f_p) = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}} \quad (A.2)$$

où

$MD_{per}(f_p)$ est le taux de modulation de l'image perçue à la fréquence spatiale de f_p ;

L_{max} est la valeur maximale de la luminance perçue;

L_{min} est la valeur minimale de la luminance perçue.

Cependant, si la forme d'onde perçue n'est pas uniforme ou asymétrique, le taux de modulation peut être calculé avec la formule suivante:

$$MD_{per}(f_p) = \frac{A_s}{L_{av}} \quad (A.3)$$

où

A_s est l'amplitude de l'onde fondamentale obtenue en appliquant une transformée de Fourier rapide à la mire périodique mobile;

L_{av} est la valeur moyenne de luminance de l'onde fondamentale.

La MTF est enfin calculée avec la formule suivante:

$$MTF(f) = \frac{MD_{per}(f_p)}{MD_{input}(f_p)} \quad (A.4)$$

où:

$MD_{input}(f_p)$ est le taux de modulation de l'image d'entrée fixe initiale.

En général, $MD_{input}(f_p)$ est constant pour un module PDP, la $MTF(f)$ est de ce fait équivalente à $MD_{per}(f_p)$.

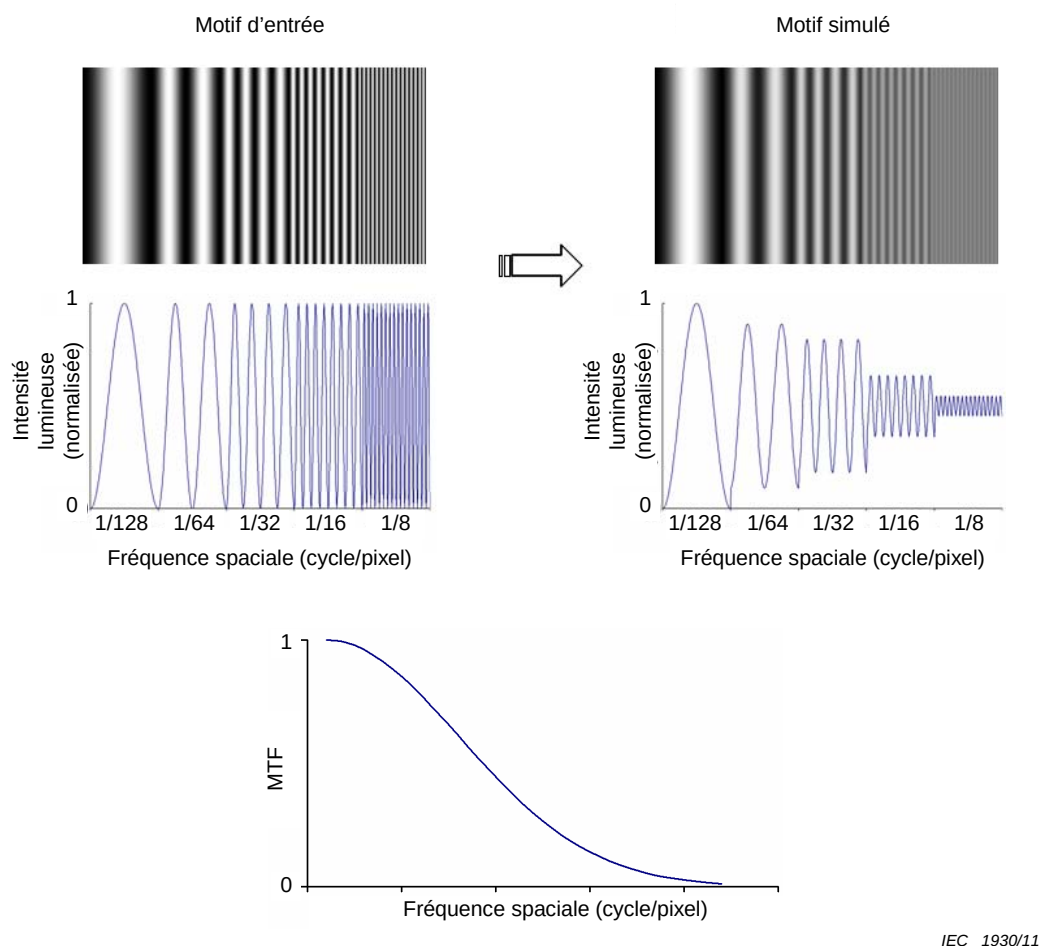


Figure A.3 – Simulation de la fonction de transfert de modulation (MTF) à différentes fréquences spatiales

A.5 Documents de référence

- [1] Shigeo Mikoshiba, *Visual Artifacts Generate in Frame-Sequential Display Devices: An Overview*[C], SID'00 Digest, 31, pp. 384-388, 2000 (disponible en anglais seulement)
- [2] K. Teunissen, Y. Zhang, X. Li, I. Heynderickx, *Method for predicting motion artifacts in matrix displays*, Journal of the SID 14(10), pp. 957-964, 2006 (disponible en anglais seulement)
- [3] Zhang Y, Teunissen C, Lei W, et al, *Method for predicting motion artifacts of plasma display panels*, Journal of Southeast University (English Edition), 23(1), pp.43-46, 2007 (disponible en anglais seulement)
- [4] W. Song, X. Li, Y. Zhang, et al., *Motion-blur characterization on liquid-crystal display*, Journal of the SID 16/5, pp.587-593, 2008 (disponible en anglais seulement)

Annexe B (informative)

Description technique relative à la résolution d'images mobiles

B.1 Généralités

Certains points techniques de la méthode de mesure de résolution d'images mobiles sont décrits ci-après.

B.2 Vitesse de déplacement

La présente norme ne spécifie pas d'exigence en termes de vitesse de déplacement car elle peut varier en fonction des besoins. S'agissant du domaine télévisuel type, le déplacement de l'objet affiché à l'écran est classé comme suit:

- a) étendue panoramique: 8-16 s/écran (2~4 ppf);
- b) panoramique d'émission dramatique: 4~6 s/écran (5,5~8 ppf);
- c) émission de sport: 3~4 s/écran (8~10,5 ppf);
- d) sous-titrage rapide: 2~3 s/écran (10,5~16 ppf).

NOTE 1 Source: site web APDC (<http://www.advanced-pdp.jp/fpd/english.html#4>).

NOTE 2 Les valeurs en ppf sont calculées selon l'hypothèse de 60 Hz et 1 920 pixels.

Selon les chiffres donnés ci-dessus, une valeur type d'environ 5 s/écran peut être considérée pour l'application télévisuelle.

Par ailleurs, il est à noter que la plupart des déplacements types dans les cas mentionnés ci-dessus sont horizontaux.

Il est à noter qu'un déplacement trop rapide risque de compromettre la validité du principe de mesure. Le suivi de l'œil humain n'est pas uniforme dans le cas d'un déplacement trop rapide.

B.3 Unités applicables à la fréquence spatiale et à la vitesse de déplacement

Une unité de base de pixel pour les fréquences spatiales, telles que "pixel par cycle", est tout particulièrement utilisée par les ingénieurs en matière d'affichage. Cette condition n'est cependant pas considérée comme similaire pour les affichages présentant une capacité d'adressage différente. Par exemple, si l'on suppose une fréquence spatiale en pixel par cycle, l'image d'essai sur un affichage XGA (1 366 lignes verticales) est 1,4 fois plus grande que celle sur un affichage FHD (1 920 lignes verticales). Il convient donc de ne pas considérer cette condition comme similaire en termes de fréquence spatiale. Pour pallier ce problème, l'unité cycle/écran a été choisie pour la mesure de résolution d'images mobiles.

C'est aussi pour les mêmes raisons que l'unité "ppf (pixel par trame)" n'a pas été principalement choisie pour exprimer les vitesses de déplacement.

Un tableau (Tableau 7) a été établi à l'intention des lecteurs qui souhaitent exprimer les nombres de fréquence spatiale en pixel par cycle ou la vitesse de déplacement en ppf.

B.4 Méthode de sous-échantillonnage

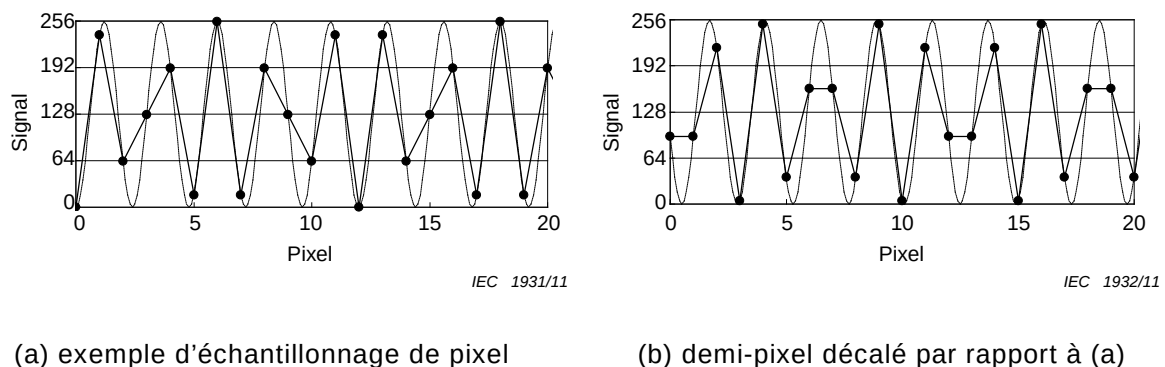
Pour les affichages matriciels tels que PDP, la mire d'image dont la fréquence spatiale ne correspond pas exactement à la capacité d'adressage de l'affichage peut ne pas s'afficher nettement même pour des images statiques. Par exemple, un module PDP ayant 1 920 pixels dans la direction horizontale ne peut pas afficher avec netteté un signal de 800 cycles/écran. Par ailleurs, dans bon nombre de cas, une résolution de 800 cycles/écran doit être mesurée du fait que de nombreux PDP ayant une capacité d'adressage de 1 080 x 1 920 (FHD) ont une résolution correspondant à 600~960 cycles par écran. La méthode de sous-échantillonnage décrite ici facilite la mesure et permet d'éviter ce manque de netteté.

Le sous-échantillonnage est une méthode qui permet de générer des signaux à fréquence spatiale élevée avec déplacement sur l'affichage. La Figure B.1(a) illustre les points d'échantillonnage pour une forme d'onde sinusoïdale et la Figure B.1(b) représente le déplacement de la forme d'onde vers la droite à 0,5 pixel. Comme indiqué ci-dessus, l'image fixe représentée par les points d'échantillonnage en B.1(a) ne présente pas une forme d'onde sinusoïdale claire. Si l'image représentée par les points d'échantillonnage en B.1(b) est affichée lors de la trame suivante de l'image considérée, la forme d'onde est compensée et le déplacement est généré à une vitesse de 0,5 ppf vers la droite. Il est possible d'afficher une forme d'onde plus nette avec un déplacement de 0,5 ppf en générant ces images de manière séquentielle. De la même manière, la méthode de sous-échantillonnage peut générer des signaux à fréquence spatiale élevée avec des déplacements en ppf non entier en affichant deux phases de différence de l'image.

La Figure B.2 illustre l'effet du sous-échantillonnage aux trois vitesses de déplacement, (a) 0 ppf, (b) 0,5 ppf, et (c) 1,0 ppf. Les axes horizontal et vertical représentent respectivement la position et la durée. Dans le cas présent, le nombre de lignes est de quatre. Pour le déplacement à 0 ppf et 1 ppf, les quatre lignes ne se distinguent pas facilement. Par ailleurs, l'image en 0,5 ppf présente quatre lignes nettes du fait de l'effet de compensation obtenu par la méthode de sous-échantillonnage.

NOTE Pour de plus amples informations, voir la bibliographie.

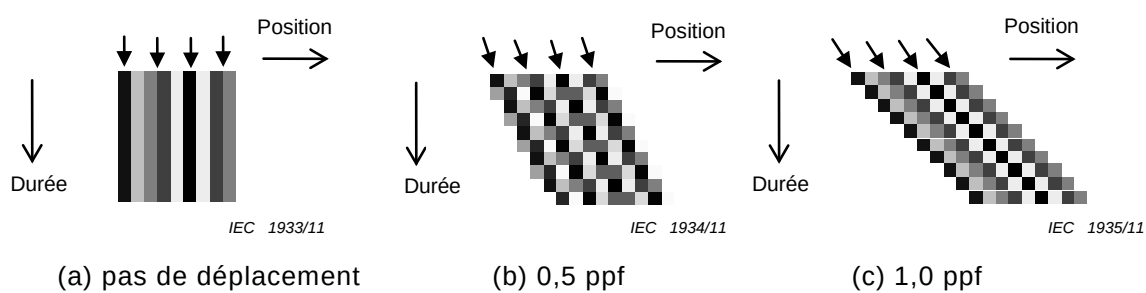
Cette méthode ne s'applique pas si la mesure est réalisée uniquement à des fréquences spatiales plus faibles et un nombre entier de vitesse de déplacement en ppf (voir Tableau 7). Dans les autres cas cependant, l'effet du sous-échantillonnage spécifié dans la présente norme doit être pris en compte.



Légende

Fréquence de motif 800 cycles/écran
Affichage écran de 1 920 pixels

Figure B.1 – Exemple de sous-échantillonnage



NOTE Quatre lignes sont affichées

Figure B.2 – Effet de la méthode de sous-échantillonnage et déplacement de 0,5 ppf dans la résolution

Bibliographie

IEC 61747-6:2004, *Dispositifs d'affichage à cristaux liquides et à semiconducteurs – Partie 6: Méthodes de mesure pour les modules à cristaux liquides – Type transmissif*

IEC 61747-6-3:2011, *Dispositifs d'affichage à cristaux liquides – Partie 6-3: Méthodes de mesure pour les modules d'affichage à cristaux liquides – Mesure de l'artefact de mouvement dans les modules d'affichage à cristaux liquides à matrice active*

I. Kawahara, *Advantages of Sinusoidal-Burst Based Measurement of Moving Image Performance*", SID '09 digest, pp.1389-1392, 2009 (disponible en anglais seulement)

I. Kawahara, *Measurement of Moving Picture Performance of Display Suitable for Fast Motion and High-Resolution Content*, Eurodisplay '09 6.4 (disponible en anglais seulement)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

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