

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Fibre optic communication subsystem test procedures –
Part 2-2: Digital systems – Optical eye pattern, waveform and extinction ratio
measurement**

**Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunications à fibres
optiques –
Partie 2-2: Systèmes numériques – Mesure du diagramme de l'œil optique,
de la forme d'onde et du taux d'extinction**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Fibre optic communication subsystem test procedures –
Part 2-2: Digital systems – Optical eye pattern, waveform and extinction ratio
measurement**

**Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunications à fibres
optiques –
Partie 2-2: Systèmes numériques – Mesure du diagramme de l'œil optique,
de la forme d'onde et du taux d'extinction**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

U

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope and object.....	6
2 Normative references.....	6
3 Apparatus.....	6
3.1 Time-domain optical detection system.....	7
3.1.1 Optical-to-electrical (O/E) converter	7
3.1.2 Resistive signal splitter (optional).....	8
3.1.3 Linear-phase low-pass filter	8
3.1.4 Oscilloscope	10
3.1.5 Overall system response.....	10
3.2 Oscilloscope synchronization system	10
3.3 Pulse pattern generator	11
3.4 Optical power meter.....	11
3.5 Optical attenuator	11
3.6 Test cord	11
4 Test sample.....	11
5 Procedure.....	12
5.1 Method 1: Basic waveform measurement	12
5.2 Method 2: Extinction measurement method using the histogram function	12
6 Calculation	14
6.1 Basic waveform measurement definitions.....	14
6.2 Method 2: Extinction measurement method using the histogram function.....	17
6.3 Eye-diagram analysis using a mask	18
7 Test result	19
7.1 Required information	19
7.2 Available information.....	19
7.3 Specification information.....	20
Annex A (informative). Oscilloscope synchronization system.....	23
Bibliography.....	27
Figure 1 – Optical eye pattern, waveform, and extinction ratio measurement configuration	6
Figure 2 – Time-domain optical detection system	7
Figure 3 – Illustrations of NRZ and RZ eye-diagram parameters	17
Figure 4 – Example of eye pattern measured with $0,75/T$ low-pass filter	18
Figure 5 – Example of eye pattern measured with $3,0/T$ low-pass filter	19
Figure 6 – Eye diagram with vertical histogram data collected from the central 20 % window.....	19
Figure A.1 – Oscilloscope synchronization system	23
Table 1 – Frequency response characteristics	10
Table 2 – Typical parameters for the measurement shown in Figure 4	21

Table 3 – Typical parameters for the measurement shown in Figure 5	22
Table A.1 – Example lengths of common RG-58 cable	25

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61280-2-2:2008

Withdawn

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIBRE OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM TEST PROCEDURES –

Part 2-2: Digital systems – Optical eye pattern, waveform and extinction ratio measurement

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the 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. The 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 the 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 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 unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 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 61280-2-2 has been prepared by subcommittee 86C: Fibre optic systems and active devices, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2005 and constitutes a technical revision. This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) The necessity of DC coupling for extinction ratio measurement is clarified.
- b) The definition of extinction ratio has been revised to better harmonize with ITU-T.
- c) The definition of OMA has been clarified.

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

CDV	Report on voting
86C/768/CDV	86C/801/RVC

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts of the IEC 61280 series, published under the general title *Fibre optic communication subsystem test procedures*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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.

FIBRE OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM TEST PROCEDURES –

Part 2-2: Digital systems – Optical eye pattern, waveform and extinction ratio measurement

1 Scope and object

The purpose of this part of IEC 61280 is to describe a test procedure to measure the eye pattern and waveform parameters such as rise time, fall time, overshoot, and extinction ratio. Alternatively, the waveform may be tested for compliance with a predetermined waveform mask.

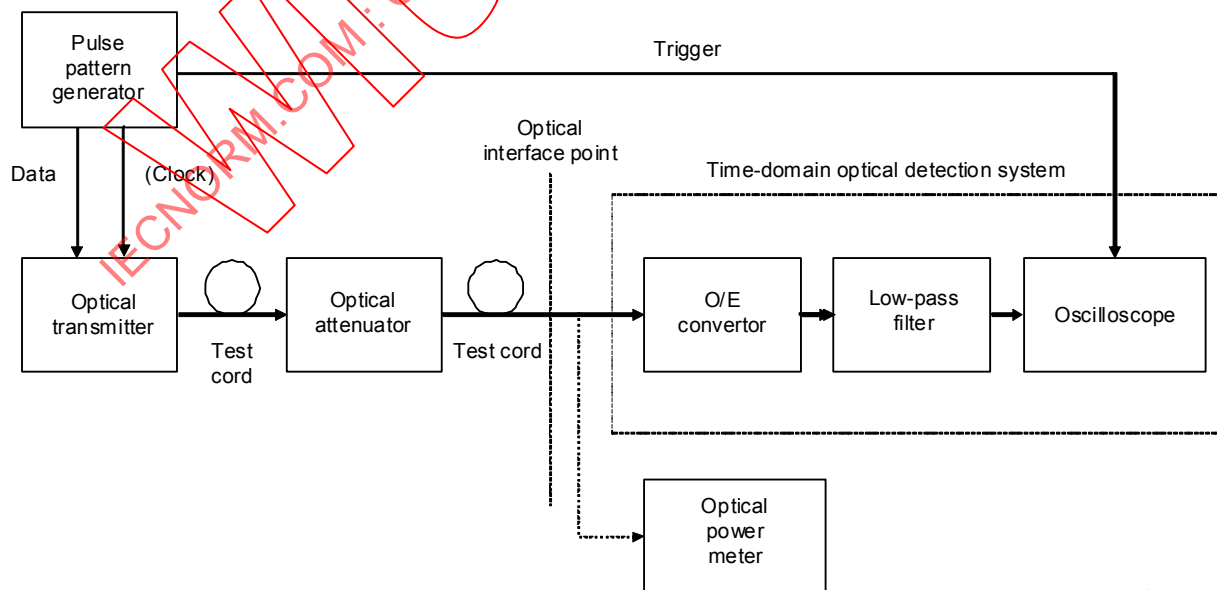
2 Normative references

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

ITU-T Recommendation G.957, *Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy*

3 Apparatus

The primary components of the measurement system are a photodetector, a low-pass filter, an oscilloscope, and an optical power meter, as shown in Figure 1.

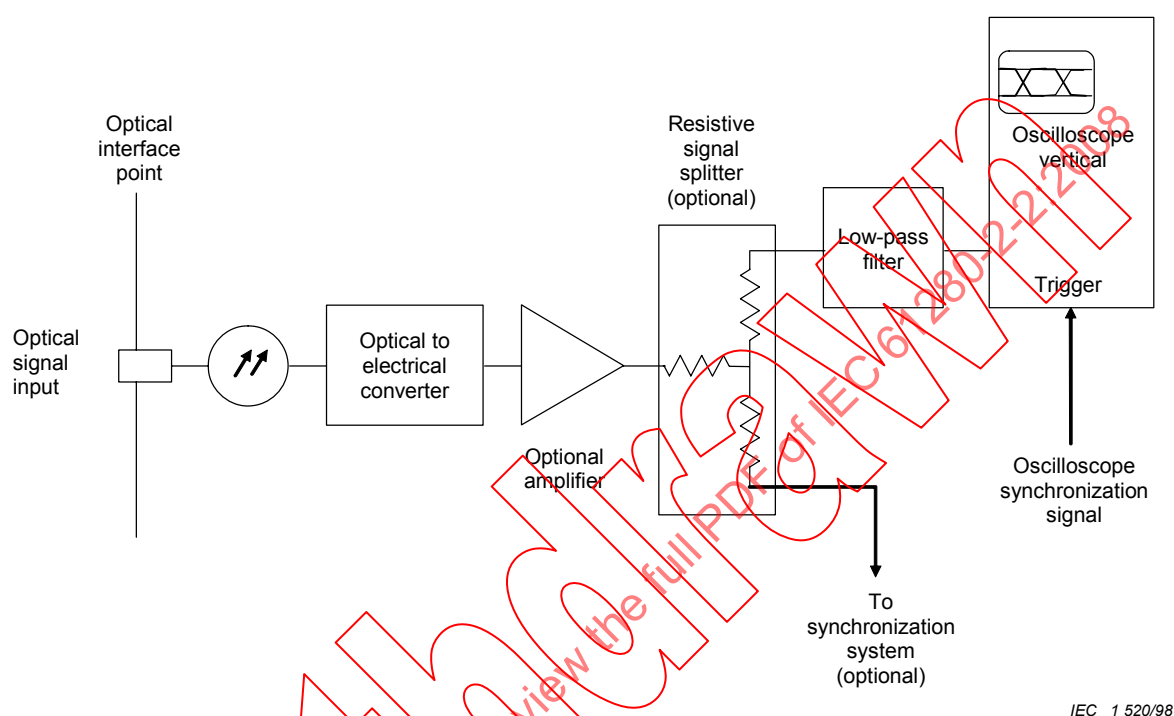


IEC 1519/98

**Figure 1 – Optical eye pattern, waveform, and extinction
ratio measurement configuration**

3.1 Time-domain optical detection system

The time-domain optical detection system displays the intensity of the optical waveform as a function of time. The optical detection system is comprised primarily of an optical-to-electrical (O/E) converter, a linear-phase low-pass filter and an oscilloscope. The detection system is shown in Figure 2. More complete descriptions of the equipment are listed in the following subclauses.



IEC 1520/98

Figure 2 – Time-domain optical detection system

3.1.1 Optical-to-electrical (O/E) converter

The O/E converter is typically a high-speed photodiode followed by electrical amplification. The O/E converter is equipped with an appropriate optical connector to allow connection to the optical interface point, either directly or via an optical test cord.

The O/E converter (including any optional amplification following the O/E converter) shall be able to reproduce the optical waveform with sufficient fidelity to ensure a meaningful measurement. Precise specifications are precluded by the large variety of possible implementations, but general guidelines are as follows:

- a) acceptable input wavelength range, adequate to cover the intended application;
- b) input optical reflectance, low enough to avoid excessive back-reflection into the transmitter being measured;

For example, assume that an optical transmitter is specified to tolerate –24 dB reflectance maximum. If the input reflectance of the O/E converter is –30 dB, the converter can be directly connected to the transmitter. If, however, the input reflectance of the O/E converter is –14 dB, a common value, the effective reflectance can be lowered to –24 dB (or less) by inserting either an optical isolator or a low-reflectance attenuator of 5 dB (or more) between the transmitter and the O/E converter.

- c) responsivity, adequate to produce a readable display on the oscilloscope;

For example, assume that a non-return-to-zero (NRZ) optical data stream with an average optical power of –15 dBm is to be measured. If the sensitivity of the oscilloscope is 10 mV per division, a responsivity of 790 V/W is required in order to produce a display of 50 mV peak-to-peak (that is, five divisions peak-to-peak).

- d) optical noise-equivalent power, low enough to result in an accurately measurable display on the oscilloscope;

For example, assume that a non-return-to-zero (NRZ) optical data stream with an average optical power of –15 dBm is to be measured. If the effective noise bandwidth of the measurement system is 470 MHz, and if the displayed root-mean-square noise is to be less than 5 % of the eye pattern peak-to-peak height, the optical noise-equivalent power shall be 145 pW Hz^{-1/2} or less.

- e) lower cut-off (–3 dB) frequency, 0 Hz;

DC coupling is necessary for two reasons. First, extinction ratio measurements cannot otherwise be performed. Second, if AC-coupling is used, low-frequency spectral components of the measured signal (below the lower cut-off frequency of the O/E converter) may cause significant distortion via amplitude modulation of the detected waveform.

- f) upper cut-off (–3 dB) frequency, greater than the bandwidth of the low-pass filter following the O/E converter;

In order to ensure repeatability and accuracy, a low-pass filter of known characteristics is inserted in the signal path before the oscilloscope. This filter alone should primarily determine the effective system bandwidth. However, the response of the entire measurement system should conform to the desired frequency response.

- g) transient response, overshoot, undershoot and other waveform aberrations minor so as not to interfere with the measurement;

The low-pass filter following the O/E converter should primarily determine the system transient response.

- h) output electrical return loss, high enough that reflections from the low-pass filter following the O/E converter are adequately suppressed from 0 Hz to a frequency significantly greater than the bandwidth of the low-pass filter.

A time-domain measurement may be very inaccurate if significant multiple reflections are present. Many passive, low-loss, low-pass filters, in addition to being reflective in the stop band, have frequency responses that are strongly dependent on the termination impedances at the input and output. A minimum value of 15 dB for the return loss is recommended when passive low-pass filters are employed following the O/E converter. The effective output return loss of the O/E converter may be improved with in-line electrical attenuators, at the expense of reduced signal levels. Finally, the return loss specification extends to d.c., since otherwise, a d.c. shift in the waveform will occur, causing extinction ratio measurements to be in error.

3.1.2 Resistive signal splitter (optional)

If the trigger signal for the oscilloscope is to be derived from the optical waveform itself, it is necessary to tap into the signal path at some point. A resistive signal splitter (power divider) at the location indicated in Figure 2 provides a branch from which to derive the trigger signal.

3.1.3 Linear-phase low-pass filter

Generally, one of the primary purposes of measuring the optical eye pattern is to verify certain performance requirements such as rise and fall time, overshoot, etc. If the measurement system bandwidth is much greater than needed, high frequency (and probably insignificant) details of the waveform will tend to obscure the desired measurement. Also, since different measurement setups would have different bandwidths, repeatability between setups would be almost impossible to achieve.

In order to ensure repeatability and accuracy, a low-pass filter of known characteristics is inserted in the signal path prior to the oscilloscope. This filter alone should primarily determine the effective system bandwidth. The type of measurement being performed determines the bandwidth of the low-pass filter. The bandwidth and transfer function characteristics of the low-pass filter should be explicitly stated in the detail specifications.

One type of eye pattern measurement effectively simulates the signal that would result at the output of a bit-rate-specific optical receiver. For NRZ format signals, this type of receiver typically has a bandwidth that is somewhat less than the clock frequency. For this type of measurement, a low-pass filter of –3 dB bandwidth of $0,75/T$ (where T is the bit interval, in seconds, of the data signal) is often used. The resulting eye pattern is compared to a "mask" to verify compliance with specification. For RZ format signals, spectral content may be significantly higher than the NRZ signal at the same optical bit rate. This may require the reference bandwidth to be in excess of the clock frequency.

A different type of eye pattern measurement involves measuring the rise time, fall time, pulse width and other time-domain parameters of an optical transmitter unit. For this type of measurement, the system bandwidth shall be greater than described above. The –3 dB bandwidth of the low-pass filter in this case needs to be high enough to allow verification of maximum rise and fall times (for example, one-third of a bit intervals), but low enough to eliminate unimportant high-frequency waveform details. For NRZ signals, a low-pass filter bandwidth of $3,0/T$ is a typical compromise value for this type of measurement. RZ signals can require a bandwidth of $5,0/T$ as a typical compromise.

Regardless of the type of eye pattern measurement, the filter should have a linear phase response at frequencies up to and somewhat beyond the filter –3 dB bandwidth. If the phase response is linear (implying that the group delay is constant) up to frequencies of high attenuation, slight variations in filter bandwidths should not significantly affect the waveform measurements (see Table 1).

Example low-pass filter specifications for a $0,75/T$ filter are as follows (exact filter specifications are typically found within the communication standard defining transmitter performance):

- characteristic impedance: 50 Ω nominal;
- –3 dB bandwidth: $0,75/T$, Hz; (RZ ffs);
- filter type: fourth-order Bessel-Thompson (RZ ffs).

Table 1 – Frequency response characteristics

Frequency divided by bit rate	Nominal attenuation dB	Attenuation tolerance dB	Maximum group delay distortion s
0,15	0,1	0,3	–
0,30	0,4	0,3	–
0,45	1,0	0,3	–
0,60	1,9	0,3	0,002 <i>T</i>
0,75	3,0	0,3	0,008 <i>T</i>
0,90	4,5	0,3	0,025 <i>T</i>
1,00	5,7	0,3	0,044 <i>T</i>
1,05	6,4	0,39	0,055 <i>T</i>
1,20	8,5	0,64	0,100 <i>T</i>
1,35	10,9	0,90	0,140 <i>T</i>
1,50	13,4	1,15	0,190 <i>T</i>
2,00	21,5	2,0	0,300 <i>T</i>

3.1.4 Oscilloscope

The oscilloscope that displays the optical eye pattern should have a bandwidth well in excess of the bandwidth of the low-pass filter, so that the oscilloscope is not the bandwidth-limiting item of the measurement system. The oscilloscope is triggered either from a local clock signal that is synchronous with the optical eye pattern or from a synchronization signal derived from the optical waveform itself.

Figures 4 and 5 illustrate oscilloscope bandwidths that are commonly used in eye pattern measurements.

The oscilloscope shall have a vertical-channel histogram function for extinction ratio measurement.

3.1.5 Overall system response

The eye pattern measurement is obviously a time-domain measurement and needs to accurately represent the optical waveform. This should be done without introducing undesirable overshoot, ringing and other waveform aberrations. While the individual components of the measurement system are most conveniently specified in the frequency-domain, the final assembled system may also be required to meet certain time-domain performance limits.

Even an ideal fourth-order Bessel-Thompson filter will have an overshoot of about 1 % and a rise time (10 % to 90 %) of about $0,35/B$, where B is the bandwidth in Hertz. In view of this, the overall measurement system shall be required to demonstrate performance similar to the following when stimulated by an ideal step function signal:

- rise time, fall time (10 % – 90 %): $0,43/B$ maximum, $0,29/B$ minimum;
- rise time, fall time (20 % – 80 %): $0,35/B$ maximum, $0,23/B$ minimum;
- overshoot, undershoot: 5 % maximum.

3.2 Oscilloscope synchronization system

A stable synchronization signal is essential for accurate eye pattern measurement. Ideally, the optical transmitter unit provides the synchronization signal. However, since this synchronization signal may not be present at an optical interface point, it may be necessary to derive the signal from the optical waveform itself.

Some oscilloscopes will allow triggering from transitions in the detected data pattern, either internally (from the vertical channel) or externally (from a separate trigger input). While conveniently simple, this method is not recommended for performing accurate measurements. Optical waveforms are usually fairly "noisy," and by triggering on transitions in the data pattern, the observed eye pattern will be changed by the precise adjustment of the trigger threshold. An oscilloscope typically will trigger on either a rising or a falling edge (but not both). For a Pseudo-random binary sequence (PRBS) data pattern only one of every four bit transitions will produce a trigger event. Thus 75 % of the data is never measured, even if the pattern repeats. Also, jitter in the optical waveform itself will be difficult to observe, since the triggering process may mask jitter. Jitter on the signal being measured is common to the trigger signal and can be effectively eliminated. Finally, the bandwidth of the transition detector in many oscilloscopes may be insufficient to allow reliable, repeatable triggering.

When a stable synchronization signal is not available, a more reliable method of using the optical waveform for oscilloscope synchronization is to use an external oscillator which is "locked" to the optical signal. This is similar to the method used to recover the clock in an optical receiver, but is accomplished with commercially available test equipment rather than with custom circuitry. This method provides a very stable trigger signal, and allows jitter in the optical waveform to be viewed directly. A detailed description of an oscilloscope synchronization system and associated equipment is given in Annex A. Care must be taken in choosing the response bandwidth of the trigger extraction system to achieve an accurate jitter measurement.

3.3 Pulse pattern generator

The pulse pattern generator shall be capable of providing a pseudo random bit sequence and programmable word patterns to the system consistent with the signal format (pulse shape, amplitude, etc.) required at the system input electrical interface of the transmitter device.

3.4 Optical power meter

The optical power meter shall be used which has a resolution of at least 0,1 dB and which has been calibrated for the wavelength of operation for the equipment to be tested.

3.5 Optical attenuator

The attenuator shall be capable of attenuation in steps less than or equal to 1 dB and should be able to adjust the input level of the O/E converter.

Care should be taken to avoid back reflection into the transmitter.

3.6 Test cord

Unless otherwise specified, the test cords shall have physical and optical properties normally equal to those of the cable plant with which the equipment is intended to operate. The test cords shall be 2 m to 5 m long and shall contain fibres with coatings which remove cladding light. Appropriate connectors shall be used. Single-mode test cords shall be deployed with two 90 mm diameter loops. If the equipment is intended for multimode operation and the intended cable plant is unknown, the fibre size shall be 62,5/125 μm .

4 Test sample

The test sample shall be a specified fibre optic transmitter. The system inputs and outputs shall be those normally seen by the user of the system. The test transmitter shall be installed in the measurement configuration as shown in Figure 1.

5 Procedure

In measuring an optical eye pattern, a synchronization signal for triggering the oscilloscope may or may not be available. Many measurement systems include the ability to derive a synchronization signal from the signal being measured. Measurement considerations, as well as a scheme for building a synchronization system when one is not integrated into the test equipment, are discussed in Annex A.

5.1 Method 1: Basic waveform measurement

5.1.1 Unless otherwise specified, standard operating conditions apply. The ambient or reference point temperature and humidity shall be specified.

5.1.2 Apply appropriate terminal input voltage/power to the system under test. Follow appropriate operating conditions. Allow sufficient time (30 min, unless otherwise specified by the manufacturer) for the terminal under test to reach steady-state temperature and performance conditions.

Determine the data rate of the optical signal to be tested. Select the appropriate low-pass filter corresponding to the data rate and controlling specification. Connect the test equipment, as shown in Figure 1, and apply power. If a sampling oscilloscope is used, verify that the waveform shape is not corrupted through averaging or smoothing and that the sampling loop gain is properly adjusted, if applicable. Set the horizontal display of the oscilloscope to approximately $0,2 T$ per division, where T is as defined in 3.1.3, and the oscilloscope timebase is displayed in 10 divisions. Allow sufficient warm-up time for the test equipment.

As part of standard operating conditions, all terminal inputs are fully loaded with a signal at the full data rate and with a pattern that has spectral content representative of actual operation. This is often achieved with pseudo random data (maximum word length, typically $2^{23}-1$).

5.1.5 Use appropriate optical fibre cables; if necessary connect the input of the O/E converter to the optical interface point being tested.

5.1.6 Adjust the vertical position and sensitivity of the oscilloscope to obtain a centred display covering about half of the vertical screen dimension.

5.1.7 Oscilloscope synchronization: adjust the trigger level, if necessary, to obtain a stable waveform display.

5.1.8 Adjust the vertical and horizontal controls of the oscilloscope to produce the desired eye pattern display.

5.1.9 If desired, photograph, print or store in a memory device the displayed waveform for later calculations. Otherwise, measurements shall be performed on screen.

5.1.10 Disconnect or otherwise block the optical signal input to the O/E converter by using the optical attenuator. Observe or record the oscilloscope trace under this condition to determine the dark level. This information is necessary for extinction ratio calculations.

5.2 Method 2: Extinction measurement method using the histogram function

5.2.1 Unless otherwise specified, standard operating conditions apply. The ambient or reference point temperature and humidity shall be specified.

5.2.2 Apply appropriate terminal input voltage/power to the system under test. Follow appropriate operating conditions. Allow sufficient time (30 min, unless otherwise specified by

the manufacturer) for the terminal under test to reach steady-state temperature and performance conditions.

5.2.3 Determine the data rate of the optical signal to be tested. Select the appropriate low-pass filter corresponding to the data rate and controlling specification. Connect the test equipment, as shown in Figure 1, and apply power. If a sampling oscilloscope is used, verify that the waveform is not corrupted through averaging or smoothing and that the sampling loop gain is properly adjusted, if applicable. Set the horizontal display of the oscilloscope to approximately $0,2 T$ per division, where T is as defined in 3.1.3, and the oscilloscope timebase is displayed in 10 divisions. Allow sufficient warm-up time for the test equipment.

5.2.4 As part of standard operating conditions, all terminal inputs are fully loaded with a signal at the full data rate and with a pattern that has spectral content representative of actual operation. This is often achieved with pseudo random data (maximum word length, typically $2^{23}-1$).

5.2.5 Adjust the optical attenuator to set the O/E converter input power at the manufacturer specified input power level.

5.2.6 Connect the test cord to the input connector of the O/E converter.

5.2.7 Adjust the vertical position and sensitivity of the oscilloscope to obtain a centred display covering about half of the vertical screen dimension. Synchronization with the data pattern need not be present at this time.

5.2.8 Oscilloscope synchronization: adjust the trigger level as necessary to obtain a stable waveform display.

5.2.9 Adjust the vertical and horizontal controls of the oscilloscope to produce the desired eye pattern display.

5.2.10 If desired, photograph, print, or store in a memory device the displayed waveform for later calculations. Otherwise, measurements must be performed on-screen.

5.2.11 Disconnect or otherwise block the optical signal input to the O/E converter by using the optical attenuator.

5.2.12 Adjust the vertical control of the oscilloscope to determine the dark level. Record the dark level (b_{dark}).

5.2.13 Set the optical attenuator to the adjustment of 5.2.5.

5.2.14 Measure the vertical level by histogram function of the oscilloscope, as shown in Figure 6. The time range of the histogram is mT . Unless otherwise specified, m shall be 0,2 and centred within the eye diagram 1.

5.2.15 Read the mean voltage corresponding to the optical power of the logic 1 level (b_1), indicated on the histogram.

5.2.16 Read the mean voltage corresponding to the optical power of the logic 0 level (b_0), indicated on the histogram.

6 Calculation

6.1 Basic waveform measurement definitions

Refer to the definitions below and to Figure 3 for sample calculations. Figures 4 and 5 illustrate typical examples of measured waveforms. Tables 2 and 3 provide typical parameters from the measurements shown in Figures 4 and 5, respectively.

b_{dark} : the voltage indicated on the oscilloscope when optical power is removed or blocked from the O/E converter.

b_0 : the voltage corresponding to the nominal optical power of the logic 0 level.

If available in the oscilloscope, voltage histograms may be useful to determine this value. The logic 0 level may be estimated from a filtered optical eye pattern (fourth-order Bessel-Thompson, $0,75/T$ bandwidth) as the mean of the logic 0 voltage histogram measured across the central 20 % of the bit period. The histogram mean over this region provides a good estimate of the energy in the bit as the reference receiver acts as an integrator. Care shall be taken to assure that the number of samples taken for the histogram is adequately large to overcome the uncertainty caused by noise on the waveform.

For the return-to-zero (RZ) format, the logic 0 level may be estimated from a filtered optical eye pattern (fourth-order Bessel-Thompson, m/T bandwidth, m to be determined) as the mean of the logic 0 histogram voltage measured across 5 % of the bit period centred below the logic 1 peak.

b_1 : the voltage corresponding to the nominal optical power of the logic 1 level.

If available in the oscilloscope, voltage histograms may be useful to determine this value. For non-return-to-zero (NRZ) format, the logic 1 level may be estimated from a filtered optical eye pattern (fourth-order Bessel-Thompson, $0,75/T$ bandwidth) as the mean of the logic 1 histogram voltage measured across the central 20 % of the bit period. Care shall be taken to assure that the number of samples taken for the histogram is adequately large to overcome the uncertainty caused by noise on the waveform. Note that b_1 is assumed to be greater than b_0 .

For the return-to-zero (RZ) format, the logic 1 level may be estimated from a filtered eye pattern (fourth-order Bessel-Thompson bandwidth, m/T , m to be determined), as the mean of the logic 1 histogram voltage measured across 5 % of the bit period centred at the peak of the logic 1 pulse. The percentage of the bit period used may vary depending upon the bandwidth of the reference receiver.

$(b_1 - b_0)$: the difference in voltage between the nominal logic 1 level and the nominal logic 0 level. This is similar to the optical modulation amplitude (OMA) parameter defined in IEEE 802.3. However, OMA is usually measured on a square wave pattern (such as 1111100000) rather than an eye diagram to minimize data dependent effects such as inter-symbol interference and laser transients. For OMA, b_1 is usually determined in the centre of the sequence of logic 1's and b_0 is usually determined in the centre of the sequence of logic 0's.

Extinction ratio: the ratio of the average optical energy in the centre of a logic 1 pulse to the average optical energy in the centre of a logic 0.

For non-return-to-zero (NRZ) and return-to-zero (RZ) optical line coding, the extinction ratio may be determined by measuring the filtered optical eye (fourth-order Bessel-Thompson, m/T bandwidth where m is 0,75 for NRZ and to be determined for RZ) at full line rate and computing the ratio:

$$(b_1 - b_{\text{dark}}) / (b_0 - b_{\text{dark}})$$

Contrast ratio (RZ format signals): the ratio of the signal amplitude of the logic 1 at its full on state to the amplitude of the logic 1 at its off state where it returns to 0.

$$(b_{1on} - b_{dark}) / (b_{1off} - b_{dark})$$

The logic 1 off amplitude is composed of data from logic 1 pulses including those preceded or followed by logic 0's. Care should be taken to reduce the influence of the logic 0 signal in the measurement of the logic 1 off amplitude.

Rise time: the time required for the optical pulse to rise from 20 % to 80 %, or from a value of:

$$b_0 + 0,2 (b_1 - b_0)$$

to a value of:

$$b_0 + 0,8 (b_1 - b_0)$$

Because of the generally "noisy" nature of optical waveforms, the 10 % and 90 % levels may be difficult to resolve with sufficient accuracy. Therefore, 20 % to 80 % rise times are preferred by this standard. If 10 % to 90 % values are required, those values may either be measured directly or the 20 % to 80 % values may be measured and a correction factor applied. Assuming a fourth-order Bessel-Thompson filter response, the 10 % to 90 % rise times are a factor of 1,25 larger than the 20 % to 80 % rise times. This value is typically measured without a low-pass Bessel-Thompson filter. If the filter is in place, the rise time measured will be larger than the actual risetime of the signal

Fall time: the time required for the optical pulse to fall from 80 % to 20 %, or from a value of:

$$b_0 + 0,8 (b_1 - b_0)$$

to a value of:

$$b_0 + 0,2 (b_1 - b_0)$$

See explanation for rise time above.

Pulse width: the width of the logic 1 pulse at the 50 % level, defined as the time duration from the time the rising edge of the optical pulse first crosses the value of:

$$b_0 + 0,5 (b_1 - b_0)$$

until the time the falling edge first crosses the value of:

$$b_0 + 0,5 (b_1 - b_0)$$

Duty cycle distortion: for non-return-to-zero (NRZ) optical line coding only, the deviation of pulse width from the ideal, expressed in percent, as follows:

$$\text{duty cycle distortion (per cent)} = \left| (T - \text{pulse width}) / T \right| 100$$

where T is as defined in 3.1.3.

Jitter: the time variation of the rising or falling edge of the optical waveform as it crosses the value of:

$$b_0 + K (b_1 - b_0)$$

where K is a constant between 0,2 and 0,8.

Ideally, the value of K is 0,5, so that jitter is measured at the 50 % level. However, the rising and falling edges of the NRZ eye pattern will often be on top of each other at the 50 % level, making measurements difficult. The absolute value of jitter should be relatively unaffected by the choice of threshold. Note that the jitter on rising edges may not be identical to the jitter on the falling edges.

For the NRZ eye diagram a jitter measurement can also be made where the rising and falling edges of the histogram intersect. This provides a useful assessment of the overall jitter of the signal for transitions to both logic 0 bit and logic 1 bits and the effective eye closure specifically caused by jitter. This measurement is performed by placing a vertically thin histogram positioned at the eye diagram crossing point. The histograms statistics such as peak-to-peak spread and standard deviation can be used to quantify the jitter. Note that the Figure 3a) jitter definition does not include duty-cycle-distortion, which can be considered an element of jitter, but is defined and measured as an individual parameter in this procedure.

For the RZ eye, rising and falling edges do not intersect. A jitter measurement is made on either the rising edge or the falling edge, typically at the 50 % amplitude. An aggregate measurement can be made through combining the jitter measurements made using histograms on both the rising and falling edges. As the jitter is an assessment of horizontal (time) eye closure, the right half of the rising edge jitter histogram is combined with the left half of the falling edge jitter histogram to approximate the equivalent jitter measurement of the crossing point of the NRZ eye.

Overshoot on logic 1 pulse: voltage corresponding to optical power in excess of b_1 following the 0 to 1 transition for the NRZ waveform.

For the RZ waveform, overshoot will occur in both the 1 to 0 transition and the 1 to 1 transition and is the voltage corresponding to the optical power below b_0 (but greater than b_{dark}) following the 1 to 0 transition or the 1 to 1 transition.

Overshoot on logic 1 pulse is a common waveform defect, caused by transient response characteristics of the optical source.

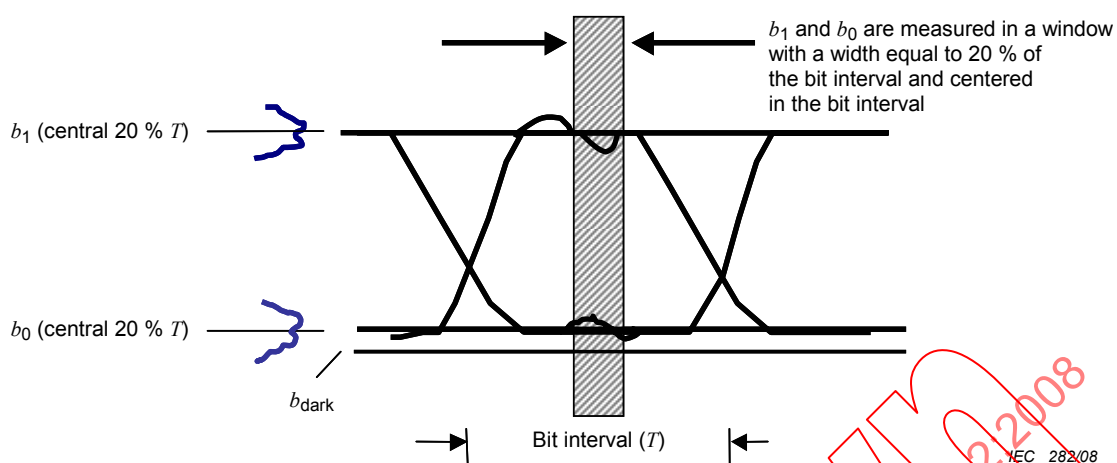
Overshoot on logic 0 pulse: voltage corresponding to optical power below b_0 (but greater than b_{dark}) following the 1 to 0 transition for the NRZ waveform.

Undershoot on logic 1 pulse: voltage corresponding to optical power below b_1 following overshoot (if any) associated with the 0 to 1 transition for the NRZ waveform.

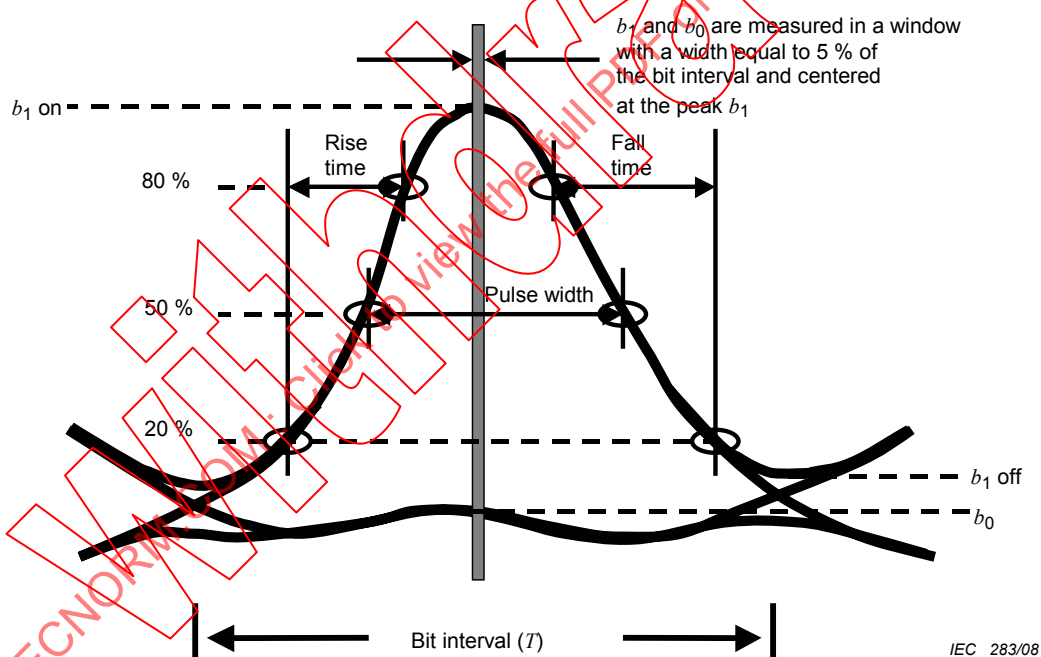
Undershoot on logic 0 pulse: voltage corresponding to optical power in excess of b_0 following overshoot (if any) associated with the 1 to 0 transition for the NRZ and RZ waveforms, as well as the 1 to 1 transition for the RZ waveform.

Ring frequency: the characteristic frequency associated with the overshoot and undershoot of the logic 1 pulse.

Ring frequency may be calculated by assuming that the peak of the overshoot and undershoot are separated in time by one-half period of the ring frequency.



a) Illustration of NRZ eye pattern parameters



b) Illustration of RZ eye-diagram parameters

Figure 3 – Illustrations of NRZ and RZ eye-diagram parameters

6.2 Method 2: Extinction measurement method using the histogram function

6.2.1 Extinction ratio, for both non-return-to-zero (NRZ) and return-to-zero (RZ) optical line coding, expressed in dB, as follows:

$$\text{extinction ratio (dB)} = 10 \log_{10} ((b_1 - b_{\text{dark}}) / (b_0 - b_{\text{dark}}))$$

6.3 Eye-diagram analysis using a mask

Many communications standards define the allowable shape of a transmitter output waveform through an eye mask. An eye mask typically consists of three polygons placed above, below, and within the eye-diagram (see Figure 4). Mask shapes are typically defined by specific communications standards. The alignment of the mask to the diagram generally is as follows.

The mask shapes are defined using a generic coordinate system where 0 and 1 on the time axis correspond to the left and right crossing points of the eye respectively. 0 on the amplitude axis is defined by the logic 0 level of the eye. 1 on the amplitude axis is defined by the logic 1 level of the eye. Unless stated otherwise by the communication standard the 0 and 1 amplitude levels are defined according to 6.1 as b_0 and b_1 respectively.

Mask tests are typically performed using digitising oscilloscopes. Results are dependent upon the population size of the sampled data. A digitised waveform is composed of a fixed number of samples. When a mask test is designed, the number of waveform samples required to produce an adequate assessment of the eye diagram, rather than the number of waveforms, should be considered. As the number of samples that make up a waveform can vary with different oscilloscope implementations, specifying a specific number of samples will lead to comparable results. The number of samples required for an adequate population should be set by the communication standard. As the number of samples increases, a more accurate assessment of the signal is possible, but the likelihood of mask test failures increases due to random elements in the signal and measurement equipment including noise and jitter. Typical values for the number of samples range from 100 000 to 1 000 000.

Mask test compliance can be quantified further through the use of mask margins to determine how well compliance is achieved. A positive mask margin is an expansion of the nominal mask while a negative margin is a contraction of the nominal mask. A mask margin is generally a proportional expansion of the mask polygons within the general coordinate system. A 0 % expansion represents the nominal mask dimension, while a 100 % mask expansion would be a mask that had been expanded to the 0 and 1 levels of the generic coordinate system. Communications standards should consider specific margin implementations for complicated mask shapes when the nominal mask is designed.

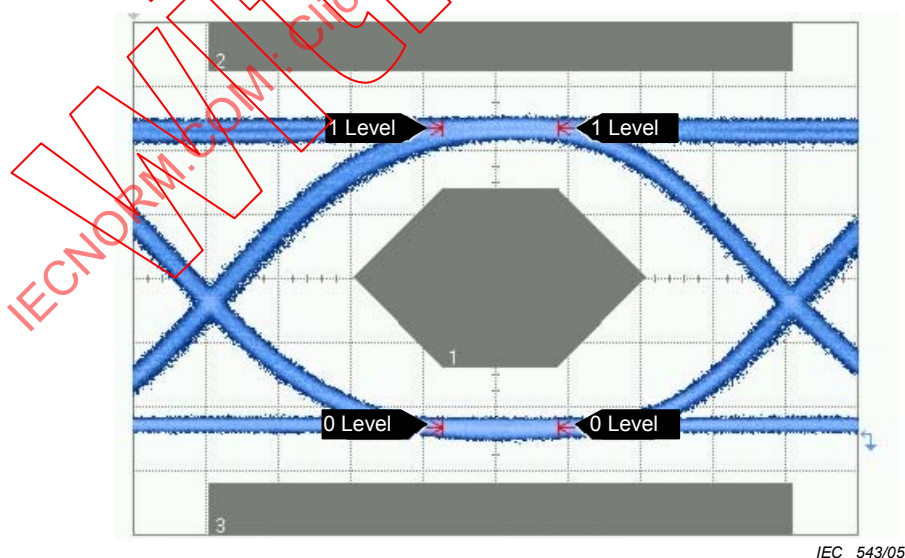


Figure 4 – Example of eye pattern measured with 0,75/T low-pass filter

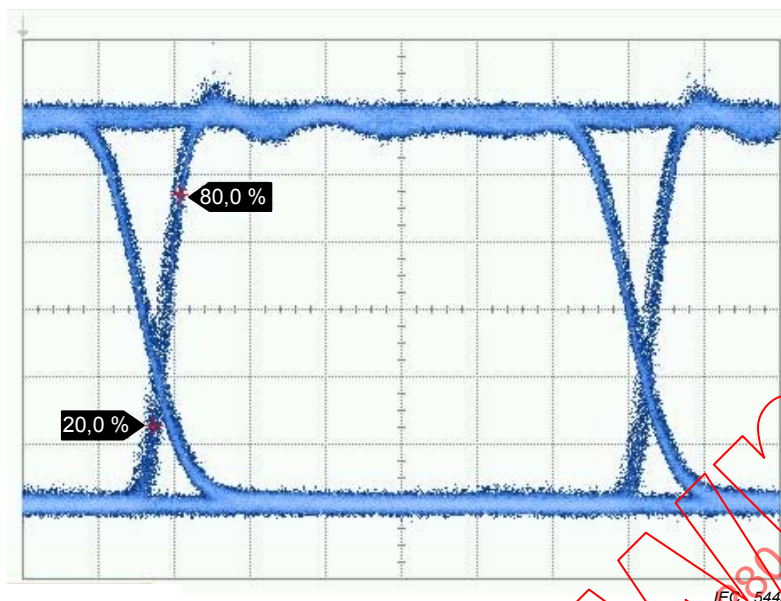


Figure 5 – Example of eye pattern measured with 3,0/T low-pass filter

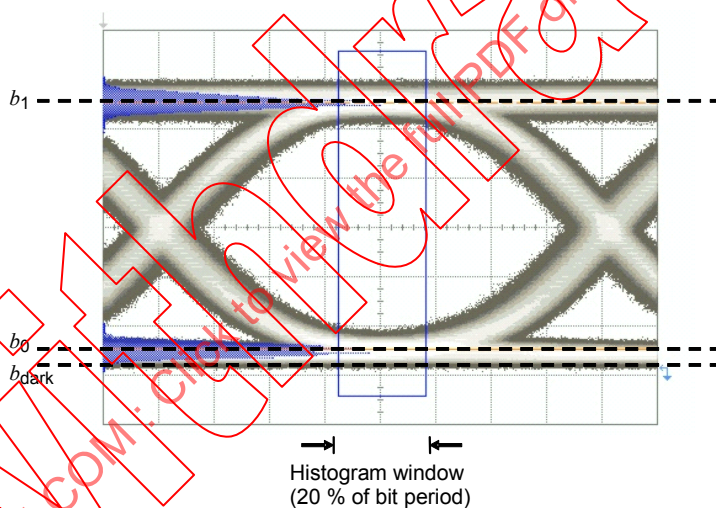


Figure 6 – Eye diagram with vertical histogram data collected from the central 20 % window

7 Test result

7.1 Required information

- Date, title of the test and test procedure number.
- Sample identification (terminal equipment and transmitter identifications).
- Reference point temperature and humidity.
- Results of the test.

7.2 Available information

- Identification of the test equipment used, an estimate of the measurement uncertainty and the latest date of test equipment calibration.
- Names of test personnel.

7.3 Specification information

The following information shall be specified in the detail specification:

- a reference to this test procedure if it is to be used;
- acceptance or failure criteria;
- other requirements, if applicable.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61280-2-2:2008

Table 2 – Typical parameters for the measurement shown in Figure 4

Optical signal	
Optical bit rate:	622 Mbit/s
Bit interval (T):	1,61 ns
Line code:	non-return-to-zero (NRZ)
Input power level:	–10 dBm
Wavelength:	1 548 nm
Measurement system	
O/E converter responsivity:	247 V/W
O/E converter bandwidth:	3 GHz
Filter type:	fourth-order Bessel-Thompson
Filter bandwidth:	467 MHz ($0,75/T$)
Oscilloscope bandwidth:	20 GHz
Synchronization source:	clock from transmitter unit
Display	
Horizontal scale:	200 ps per division
Vertical scale:	35 μ W per division
Display persistence:	10 s
Eye pattern mask (polygons):	ITU-T G.957
Measured results	
Value of b_{dark} :	–0,5 μ W
Value of b_0 :	10,1 μ W
Value of b_1 :	197,4 μ W
Mask compliance:	verified
Calculated results	
Extinction ratio:	12,7 dB (may also be stated as 18,7 W/W)

Table 3 – Typical parameters for the measurement shown in Figure 5

Optical signal	
Optical bit rate:	622 Mbits/s
Bit interval (T):	1,61 ns
Line code:	non-return-to-zero (NRZ)
Input power level:	–3 dBm
Wavelength:	1 548 nm
Measurement system	
O/E converter responsivity:	35 V/W
O/E converter bandwidth:	20 GHz
Filter type:	fourth-order Bessel-Thompson
Filter bandwidth:	1,866 MHz (3,0/1)
Oscilloscope bandwidth:	20 GHz
Synchronization source:	clock from transmitter unit
Display	
Horizontal scale:	250 ps per division
Vertical scale:	200 μ W per division
Display persistence:	10 s
Eye pattern mask (polygons):	ITU-T G.957
Measured and calculated results	
Value of b_{dark} :	–2,6 μ W
Value of b_0 :	23 μ W
Value of b_1 :	1,16 μ W
Extinction ratio:	16,6 dB
Rise time:	94 ps
Fall time:	172 ps
Pulse width:	1,55 ns
Duty cycle distortion:	approximately 4 %
Jitter (crossing point):	8,6 ps
Overshoot on logic 1 pulse:	approximately 6 %

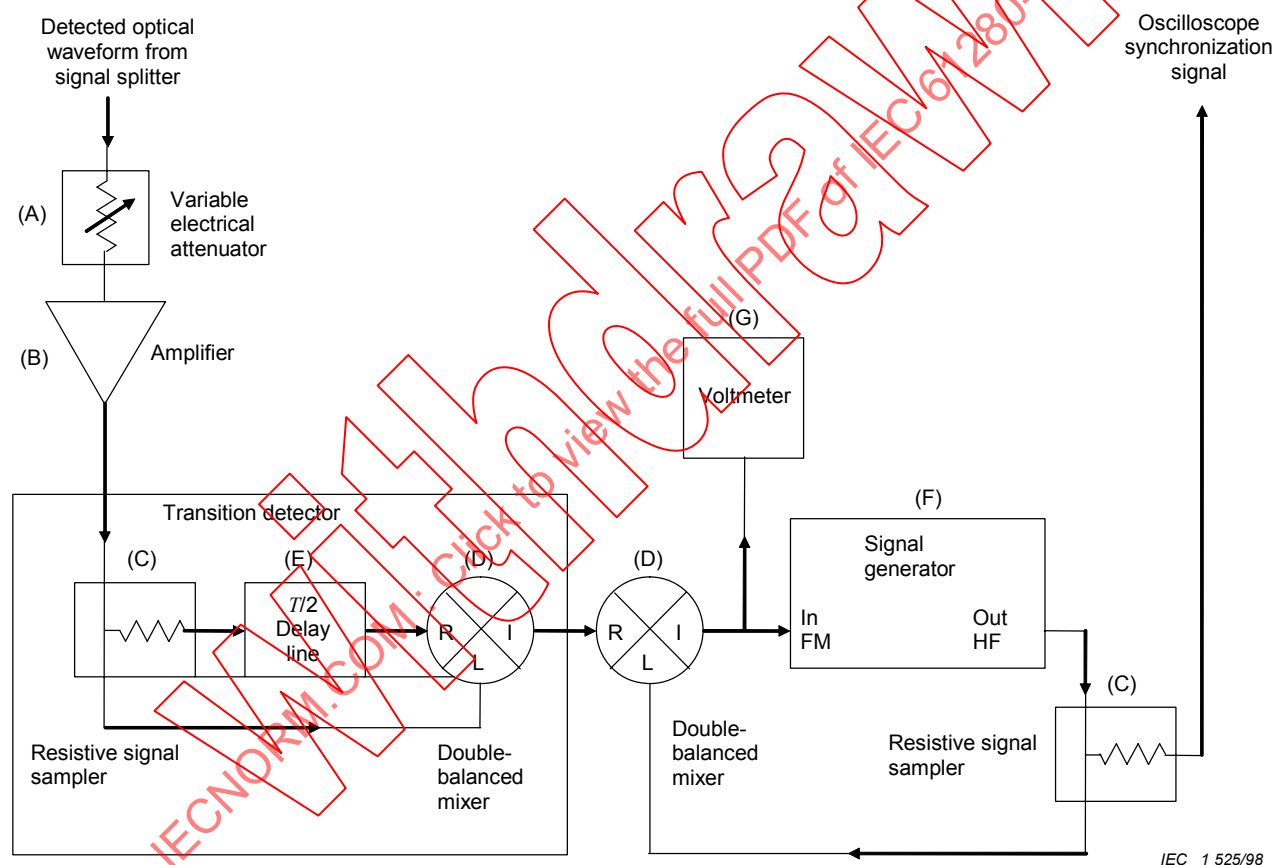
Annex A (informative)

Oscilloscope synchronization system

A.1 Introduction

A stable synchronization signal is essential for accurate eye pattern measurement. Since this synchronization signal may not be present at an optical interface point, it may be necessary to derive the signal from the optical waveform itself. A method of obtaining a stable synchronization signal from the optical waveform is described in this annex.

The test setup is shown in Figure A.1. More complete descriptions of the equipment are listed in the following subclauses:



Key

- | | | | |
|-----|---------------------------------|-----|------------------------------|
| (A) | Variable electrical attenuator | (F) | Synthesized signal generator |
| (B) | Synchronization path amplifier | (G) | Voltmeter |
| (C) | Resistive signal sampler, 20 dB | R | 'Radio frequency' input |
| (D) | Double-balanced mixer | L | Local oscillator |
| (E) | Delay line | I | Intermediate frequency |

Figure A.1 – Oscilloscope synchronization system

A.2 Variable electrical attenuator (block (A) in Figure A.1)

The signal level from the O/E converter may vary over a wide range, depending on the optical signal level being applied. Although this presents no problem for the oscilloscope, the synchronization system requires a fairly constant input level to operate properly. An attenuation step size of 1 dB is sufficiently small for this application.

A.3 Synchronization path amplifier ((B) in Figure A.1)

The synchronization scheme shown in Figure A.1 requires that the data signal be amplified to approximately 1 V peak-to-peak. The amount of needed amplifier gain is obviously dependent on the applied optical level, the responsivity of the O/E converter, and the setting of the variable attenuator. Assuming an applied optical signal level of –7 dBm and a responsivity of 250 V/W at the O/E converter, a minimum of 20 dB additional gain will be needed. If the optical signal level is only –20 dBm (just about the minimum for this type of measurement scheme), then about 46 dB gain is necessary. Of course, a 46 dB amplifier could be used for all applications, and merely adjust the variable attenuator as necessary to prevent amplifier overload. Suggested specifications are as follows:

- gain: 20 dB -46 dB (see above);
- lower cut-off (–3 dB) frequency: less than $1/(100 T)$ Hz,
where T is the bit interval,
in seconds, of the data signal;
- upper cut-off (–3 dB) frequency: at least $1/T$ Hz;
- input return loss: greater than 15 dB, from d.c. to $4/T$ Hz.

The input return loss specification extends from d.c. to $4/T$. The high frequency return loss specification is necessary to prevent waveform reflections back into the main path of the signal being measured. Additionally, the return loss specification extends to d.c., since an a.c. coupled load at this location will result in a d.c. shift in the waveform at the oscilloscope, causing extinction ratio measurements to be in error. Note that the return loss specification could be easily met by using the variable attenuator in combination with some excess gain in the amplifier.

A.4 Resistive signal sampler, 20 dB ((C), two locations in Figure A.1)

A resistive signal sampler consists of a resistive attenuator coupled to a short length of 50 Ω transmission line. A small portion of the signal in the main line is coupled through the attenuator to the auxiliary output, the balance of the input power being transmitted with negligible reflection or attenuation.

A.5 Double-balanced mixer ((D), two locations in Figure A.1)

Two double-balanced mixers are required. Suggested specifications are as follows:

- RF and LO ports,
lower cut-off (–3 dB) frequency: less than $1/(100 T)$ Hz,
where T is as defined in A.3;
upper cut-off (–3 dB) frequency: at least $1/T$ Hz;
- IF port,
lower cut-off frequency: d.c.

A.6 Delay line ((E) in Figure A.1)

The delay line consists merely of a section of coaxial cable, of appropriate length to cause a nominal delay of one-half bit interval ($0,5 T$). Example lengths of common RG-58 cable for several data rates are shown in Table A.1:

Table A.1 – Example lengths of common RG-58 cable

Data rate Mbits/s	Cable length ($\pm 20\%$) m
155,52	0,64
622,08	0,16
2 488,32	0,04

A.7 Synthesized signal generator ((F) in Figure A.1), with DC-FM capability

The heart of the oscilloscope synchronization system is the signal generator. The generator shall have FM modulation capability that extends to d.c., since this is the means by which the generator is synchronized to the detected optical waveform. Ideally, the generator is capable of producing a frequency equal to the data rate ($1/T$). However, this is not essential, since the synchronization method of Figure A.1 supports odd subharmonics ($1/NT$, where N is an odd integer). This allows the use of lower cost generators, and also relaxes the trigger bandwidth requirements for the oscilloscope. Key specifications are

- output frequency: $1/(NT)$ Hz, where $N = 1, 3$ or 5 ,
and where T is as defined in A.3;
- frequency setting resolution: 10 Hz or less;
- DC-FM deviation range: from 1 kHz/V to 50 kHz/V;
- output level: +7 dBm.

The FM bandwidth of the signal generator can be a major contributor to the overall response bandwidth of the clock extraction system. This bandwidth will affect the accuracy of any jitter measurements. If the trigger signal is derived from a waveform that has jitter, this jitter will also be present on the trigger signal. Consider that jitter has been defined as “deviation of the significant instants of a signal from their ideal positions in time.” In an oscilloscope measurement, the triggering signal essentially defines ideal time, as all timing information is relative to the trigger events. When a jitter-free clock signal is used to trigger an oscilloscope, timing degradation of a waveform (jitter) is clearly seen. However, when the trigger signal is derived from the data, the trigger jitter is common to the data jitter. The result can be a common-mode effect that can null out the true jitter of the signal being measured.

The clock recovery process can range from a “narrow loop bandwidth” to a “wide loop bandwidth” system. Jitter with frequency components within this loop bandwidth will be transferred to the trigger signal. A narrow loop system will approach the ideal jitter-free transmitter system clock as only the lowest jitter frequency components are transferred to the extracted trigger signal. Jitter with frequency components outside of the loop bandwidth will be accurately displayed. When the loop bandwidth is wide, a much larger spectrum of the jitter is transferred to the extracted trigger resulting in significant reduction in jitter on the displayed waveform.

In most cases, a narrow loop bandwidth is selected to allow a more complete display of the data signal jitter. However, there are some test schemes which intentionally select a wide loop bandwidth to eliminate low frequency jitter from the displayed waveform, as low frequency jitter is not considered a significant signal impairment.

A.8 Voltmeter ((G) in Figure A.1)

A voltmeter with 0,1 mV resolution is used to verify proper operation of the phase-locked generator.

Following is a procedure describing the operation of the synchronization system in an eye pattern measurement.

- a) Adjust the electrical attenuator, if necessary, to obtain a peak-to-peak voltage in the range of 0,8 V to 1,2 V at the output of the synchronization path amplifier.
- b) With the signal generator in the unlocked mode (that is, with DC-FM turned off) observe the voltage indicated by the voltmeter.
- c) Set the signal generator to the external DC-FM mode, and set the FM deviation gain to 50 kHz/V.
- d) While observing the oscilloscope display, adjust the centre frequency of the signal generator (if necessary) until phase-lock is achieved.
- e) Continue adjusting the centre frequency until the voltmeter indicates a d.c. voltage within ± 1 mV of the voltage measured in a).
- f) Reduce the FM deviation gain until the voltmeter indicates a d.c. voltage more than ± 1 mV away from the voltage measured in a) above, while ensuring that phase-lock is maintained.
- g) Alternately, repeat the previous two steps, until no further decrease in FM deviation gain is possible without loss of phase-lock. Then increase the FM deviation gain by a factor of 10, and leave it at this setting. (This procedure provides a phase-locked loop bandwidth so that low-frequency drift may be tracked by the loop, without reducing the amount of higher-frequency jitter displayed on the oscilloscope.)

Bibliography

IEC 60825-1, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*

IEC 61281-1, *Fibre optic communication subsystems – Part 1: Generic specification*

IEC/TR 61282-1, *Fibre optic communication system design guides – Part 1: Single-mode digital and analogue systems*

IEEE 802.3, *LAN/MAN – Specific requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method*

ITU-T Recommendation G.691, *Optical interfaces for single-channel STM-64 and other SDH systems with optical amplifiers*

TIA-526-4, *OFSTP-4, Optical eye pattern measurement procedure*

TIA-559, *Single-mode fiber system optic transmission design*

Withd
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61280-2-2:2008

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	30
1 Domaine d'application et objet	32
2 Références normatives	32
3 Matériel	32
3.1 Système de détection optique dans le domaine temporel.....	33
3.1.1 Convertisseur optique-électrique (O/E).....	33
3.1.2 Séparateur résistif du signal (optionnel)	34
3.1.3 Filtre passe-bas à phase linéaire.....	35
3.1.4 Oscilloscope	36
3.1.5 Réponse globale du système	36
3.2 Système de synchronisation de l'oscilloscope	37
3.3 Générateur de motifs d'impulsions	37
3.4 Appareil de mesure de la puissance optique	37
3.5 Affaiblisseur optique	37
3.6 Cordon d'essai	37
4 Echantillon d'essai	38
5 Mode opératoire.....	38
5.1 Méthode 1: Mesure de base de la forme d'onde	38
5.2 Méthode 2: Méthode de mesure de l'extinction en utilisant la fonction histogramme	39
6 Calcul.....	40
6.1 Définitions fondamentales relatives aux mesures de formes d'onde.....	40
6.2 Méthode 2: Méthode de mesure de l'extinction en utilisant la fonction histogramme	44
6.3 Analyse du diagramme de l'œil en utilisant un masque.....	44
7 Résultat d'essai.....	46
7.1 Informations exigées	46
7.2 Informations disponibles	46
7.3 Informations à mentionner dans la spécification	47
Annexe A (informative) Système de synchronisation de l'oscilloscope	49
Bibliographie	53
Figure 1 – Configuration de mesure du diagramme de l'œil optique, de la forme d'onde et du taux d'extinction	32
Figure 2 – Système de détection optique dans le domaine temporel.....	33
Figure 3 – Illustrations des paramètres du diagramme de l'œil en NRZ et en RZ	44
Figure 4 – Exemple de diagramme de l'œil mesuré avec un filtre passe-bas de $0,75/T$	45
Figure 5 – Exemple de diagramme de l'œil mesuré avec un filtre passe-bas de $3,0/T$	46
Figure 6 – Diagramme de l'œil avec des données d'un histogramme vertical collectées à partir de la fenêtre centrale à 20 %	46
Figure A.1 – Système de synchronisation de l'oscilloscope	49

Tableau 1 – Caractéristiques de la réponse en fréquence	36
Tableau 2 – Paramètres généraux pour la mesure illustrée à la Figure 4.....	47
Tableau 3 – Paramètres généraux pour la mesure illustrée à la Figure 5.....	48
Tableau A.1 – Exemples de longueurs de câbles communs RG-58	51

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61280-2-2:2008

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PROCÉDURES D'ESSAI DES SOUS-SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATIONS À FIBRES OPTIQUES –

Partie 2-2: Systèmes numériques – Mesure du diagramme de l'œil optique, de la forme d'onde et du taux d'extinction

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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61280-2-2 a été établie par le sous-comité 86C: Systèmes et dispositifs actifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2005 et constitue une révision technique. Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) La nécessité d'un couplage en courant continu pour les mesures du taux d'extinction est clarifiée.
- b) La définition du taux d'extinction a été révisée pour une meilleure harmonisation avec les recommandations UIT-T.
- c) La définition de l'amplitude de modulation optique (OMA, *optical modulation amplitude*) a été clarifiée.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
86C/768/CDV	86C/801/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 61280, publiées sous le titre général *Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunications à fibres optiques*, peut être trouvée 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 maintenance 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.

PROCÉDURES D'ESSAI DES SOUS-SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATIONS À FIBRES OPTIQUES –

Partie 2-2: Systèmes numériques – Mesure du diagramme de l'œil optique, de la forme d'onde et du taux d'extinction

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61280 a pour objet de décrire une procédure d'essai pour mesurer le diagramme de l'œil et les paramètres de la forme d'onde tels que le temps de montée, le temps de descente, le taux de suroscillation et le taux d'extinction. Sinon, la forme d'onde peut être déterminée avec un masque de forme d'onde prédéterminé.

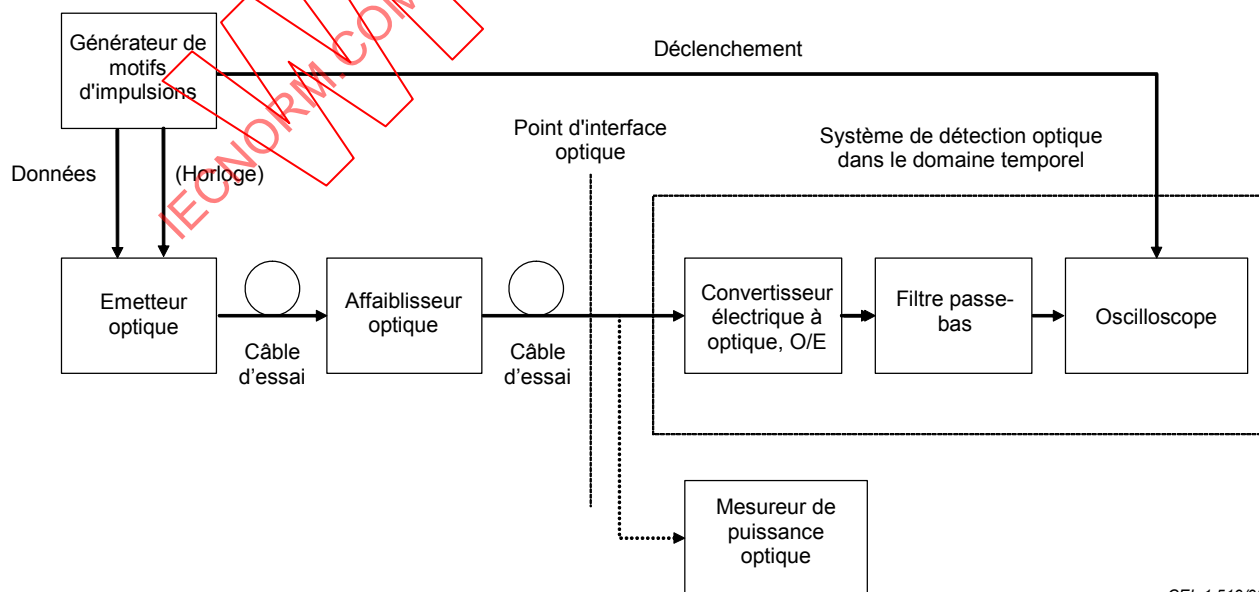
2 Références normatives

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).

Recommandation UIT-T G.957, *Interfaces optiques pour les équipements et les systèmes relatifs à la hiérarchie numérique synchrone*

3 Matériel

Les composants principaux du système de mesure sont un photodétecteur, un filtre passe-bas, un oscilloscope, et un appareil de mesure de la puissance optique, comme illustré sur la Figure 1.

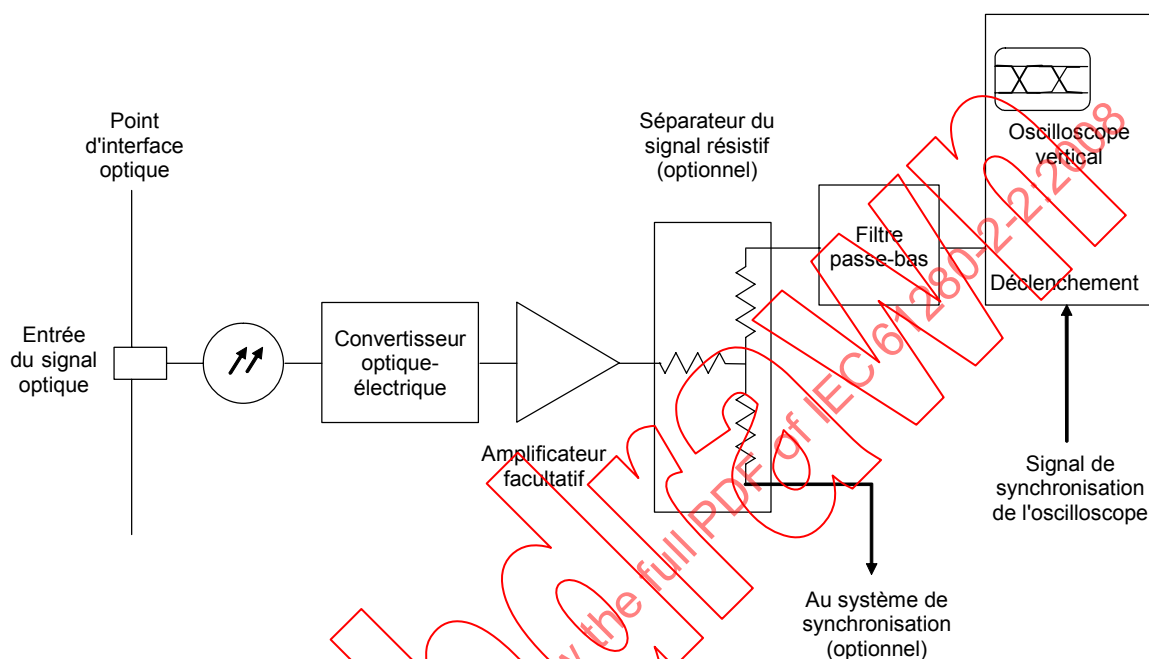


CEI 1 519/98

**Figure 1 – Configuration de mesure du diagramme de l'œil optique,
de la forme d'onde et du taux d'extinction**

3.1 Système de détection optique dans le domaine temporel

Le système de détection optique dans le domaine temporel affiche l'intensité de la forme d'onde optique en fonction du temps. Le système de détection optique est composé principalement d'un convertisseur optique-électrique (O/E), d'un filtre passe-bas à phase linéaire et d'un oscilloscope. Le système de détection est représenté sur la Figure 2. Des descriptions plus complètes des équipements sont présentées dans les paragraphes suivants.



CEI 1 520/98

Figure 2 – Système de détection optique dans le domaine temporel

3.1.1 Convertisseur optique-électrique (O/E)

Le convertisseur O/E est généralement une photodiode rapide, suivie par une amplification électrique. Le convertisseur O/E est équipé d'un connecteur optique approprié pour permettre la connexion au point d'interface optique, soit directement soit via un cordon d'essai optique.

Le convertisseur O/E (incluant toute amplification optionnelle située après le convertisseur O/E) doit être capable de reproduire la forme d'onde optique avec suffisamment de fidélité pour assurer une mesure significative. Des spécifications précises sont exclues en raison de la grande variété de réalisations possibles, mais les lignes directrices générales sont les suivantes:

- plage acceptable de longueurs d'ondes d'entrée, adéquate pour couvrir l'application visée;
- réflectance optique à l'entrée suffisamment faible pour éviter des rétro-réflexions excessives vers l'émetteur mesuré;

Par exemple, on suppose qu'un émetteur optique est spécifié pour tolérer une réflectance maximale de -24 dB. Si la réflectance d'entrée du convertisseur O/E est de -30 dB, le convertisseur peut être directement connecté à l'émetteur. Si, toutefois, la réflectance d'entrée du convertisseur O/E est de -14 dB, une valeur commune, la réflectance effective peut être abaissée jusqu'à -24 dB (ou moins) en insérant, entre l'émetteur et le convertisseur O/E, soit un isolateur optique, soit un affaiblisseur de 5 dB (ou plus) et à faible réflectance.

- sensibilité, adéquate pour produire un affichage lisible sur l'oscilloscope;

Par exemple, on suppose qu'un flux de données optiques en non-retour à zéro (NRZ) avec une puissance optique moyenne de -15 dBm est mesuré. Si la sensibilité de l'oscilloscope est de 10 mV par division, une fonction de transfert de 790 V/W est exigée pour produire un affichage de 50 mV crête à crête (c'est-à-dire cinq divisions crête à crête).

- d) puissance optique de bruit équivalent, assez faible pour donner lieu à un affichage mesurable précisément sur l'oscilloscope;

Par exemple, on suppose qu'un flux de données optiques en non-retour à zéro (NRZ) avec une puissance optique moyenne de -15 dBm est mesuré. Si la largeur de bande effective du bruit du système de mesure est de 470 MHz, et si le bruit quadratique moyen affiché est inférieur à 5% de la hauteur crête à crête du diagramme de l'œil, la puissance optique de bruit équivalent doit être de 145 pW Hz^{-1/2} ou moins.

- e) fréquence de coupure basse (à -3 dB), 0 Hz;

Un couplage en courant continu est nécessaire pour deux raisons. Premièrement, les mesures du taux d'extinction ne peuvent pas être réalisées d'une autre manière. Deuxièmement, si un couplage en courant alternatif est utilisé, les composantes spectrales basse fréquence du signal mesuré (en dessous de la fréquence de coupure basse du convertisseur O/E) peuvent entraîner des distorsions importantes via la modulation d'amplitude de la forme d'onde détectée.

- f) fréquence de coupure haute (à -3 dB), plus grande que la largeur de bande du filtre passe-bas après le convertisseur O/E;

De façon à assurer la reproductibilité et la précision, un filtre passe-bas de caractéristiques connues est inséré dans le trajet du signal avant l'oscilloscope. Il convient que seul ce filtre détermine principalement la largeur de bande effective du système. Cependant, il convient que la réponse du système de mesure tout entier soit conforme à la réponse en fréquence désirée.

- g) réponse transitoire, sur-oscillation, sous-oscillation et autres aberrations de forme d'onde mineurs de manière à ne pas interférer avec la mesure;

Il convient que le filtre passe-bas situé après le convertisseur O/E détermine principalement la réponse transitoire du système.

- h) affaiblissement de réflexion de la sortie électrique suffisamment grand, de façon que les réflexions du filtre passe-bas après le convertisseur O/E soient supprimées de manière adéquate, de 0 Hz à une fréquence significativement plus grande que la largeur de bande du filtre passe-bas.

Une mesure dans le domaine temporel peut être très imprécise si des réflexions multiples significatives sont présentes. De nombreux filtres passe-bas, passifs et à faibles pertes, en plus d'être réfléchissants dans la bande d'arrêt, possèdent des réponses en fréquence qui sont fortement dépendantes des impédances de terminaison à l'entrée et à la sortie. Une valeur minimale de 15 dB pour l'affaiblissement de réflexion est recommandée lorsque des filtres passe-bas passifs sont employés après le convertisseur O/E. L'affaiblissement de réflexion effectif de sortie du convertisseur O/E peut être amélioré avec des affaiblisseurs électriques en ligne, au détriment d'une réduction des niveaux du signal. Enfin, la spécification de l'affaiblissement de réflexion s'étend au courant continu, puisque autrement, un décalage en courant continu dans la forme d'onde se produira, entraînant des erreurs dans les mesures du taux d'extinction.

3.1.2 Séparateur résistif du signal (optionnel)

Si le signal de déclenchement pour l'oscilloscope est dérivé de la forme d'onde optique elle-même, il est nécessaire de l'injecter à un certain point du trajet du signal. Un séparateur résistif du signal (diviseur de puissance), à la position indiquée à la Figure 2, fournit une branche à partir de laquelle est dérivé le signal de déclenchement.

3.1.3 Filtre passe-bas à phase linéaire

D'une façon générale, l'un des objectifs principaux de la mesure du diagramme de l'œil optique est de vérifier certaines exigences de performance comme le temps de montée et de descente, le dépassement, etc. Si la largeur de bande du système de mesure est beaucoup plus élevée que nécessaire, les détails à haute fréquence (et probablement insignifiants) de la forme d'onde pourraient cacher la mesure recherchée. Aussi, étant donné que différents montages de mesure peuvent avoir différentes largeurs de bande, la reproductibilité entre les montages est presque impossible à atteindre.

De façon à assurer la reproductibilité et la précision, un filtre passe-bas de caractéristiques connues est inséré dans le trajet du signal avant l'oscilloscope. Il convient que seul ce filtre détermine principalement la largeur de bande effective du système. Le type de mesure réalisé détermine la largeur de bande du filtre passe-bas. Il convient que la largeur de bande et les caractéristiques de la fonction de transfert du filtre passe-bas soient explicitement indiquées dans les spécifications particulières.

Un type de mesure du diagramme de l'œil simule effectivement le signal qui devrait figurer à la sortie d'un récepteur optique à un débit binaire spécifique. Pour les signaux de format NRZ, ce type de récepteur possède généralement une largeur de bande qui est un peu inférieure à la fréquence d'horloge. Pour ce type de mesure, un filtre passe-bas de largeur de bande à -3 dB de $0,75/T$ (où T est l'intervalle binaire, en secondes, du signal de données) est souvent utilisé. Le diagramme de l'œil résultant est comparé à un «masque» pour vérifier la conformité à la spécification. Pour les signaux de format en RZ (retour à zéro), le contenu spectral peut être significativement plus grand que le signal en NRZ au même débit optique binaire. Cela peut obliger la largeur de bande de référence à être supérieure à la fréquence d'horloge.

Un type différent de mesure de diagramme de l'œil revient à mesurer le temps de montée, le temps de descente, la largeur d'impulsion et les autres paramètres du domaine temporel d'une unité optique de transmission. Pour ce type de mesure, la largeur de bande du système doit être plus grande que celle décrite ci-dessus. La largeur de bande à -3 dB du filtre passe-bas nécessite, dans ce cas, d'être assez grande pour permettre la vérification des temps de montée et de descente maximaux (par exemple, un tiers des intervalles binaires), mais assez petite pour éliminer les particularités sans importance de la forme d'onde en haute fréquence. Pour les signaux en NRZ, la largeur de bande de $3,0/T$ d'un filtre passe-bas constitue une valeur typique de compromis pour ce type de mesure. Les signaux en RZ peuvent exiger une largeur de bande de $5,0/T$ comme valeur typique de compromis.

Indépendamment du type de mesure du diagramme de l'œil, il convient que le filtre possède une réponse à phase linéaire à des fréquences jusqu'à, et un peu au-delà de, la largeur de bande du filtre à -3 dB. Si la réponse de phase est linéaire (ce qui implique que le retard de groupe soit constant) jusqu'à des fréquences d'affaiblissement élevé, il convient que de légères variations dans les largeurs de bande du filtre n'affectent pas de manière significative les mesures de la forme d'onde (voir Tableau 1).

Les spécifications de filtre passe-bas pour un filtre à $0,75/T$ définies ci-dessous constituent un exemple (les spécifications exactes du filtre sont généralement données dans la norme de télécommunications définissant les performances des émetteurs):

- impédance caractéristique: 50 Ω nominale;
- largeur de bande à -3 dB: $0,75/T$, Hz (RZ pour étude ultérieure);
- type de filtre: Bessel-Thompson au 4^{ème} ordre (RZ pour étude ultérieure).

Tableau 1 – Caractéristiques de la réponse en fréquence

Fréquence divisée par débit binaire	Affaiblissement nominal dB	Tolérance d'affaiblissement dB	Distorsion maximale du retard de groupe s
0,15	0,1	0,3	–
0,30	0,4	0,3	–
0,45	1,0	0,3	–
0,60	1,9	0,3	0,002 T
0,75	3,0	0,3	0,008 T
0,90	4,5	0,3	0,025 T
1,00	5,7	0,3	0,044 T
1,05	6,4	0,39	0,055 T
1,20	8,5	0,64	0,100 T
1,35	10,9	0,90	0,140 T
1,50	13,4	1,15	0,190 T
2,00	21,5	2,0	0,300 T

3.1.4 Oscilloscope

Il convient que l'oscilloscope affichant le diagramme de l'œil optique possède une largeur de bande bien supérieure à celle du filtre passe-bas, pour que l'oscilloscope ne soit pas le composant limitant la largeur de bande du système de mesure. L'oscilloscope est déclenché soit par un signal d'horloge local synchronisé avec le diagramme de l'œil optique, soit par un signal de synchronisation dérivé de la forme d'onde optique elle-même.

Les Figures 4 et 5 illustrent les largeurs de bande de l'oscilloscope communément utilisées dans les mesures du diagramme de l'œil.

L'oscilloscope doit avoir une fonction histogramme de canal vertical pour la mesure du taux d'extinction.

3.1.5 Réponse globale du système

La mesure du diagramme de l'œil constitue manifestement une mesure dans le domaine temporel et nécessite une représentation précise de la forme d'onde optique. Il convient que cette représentation soit faite sans introduire de suroscillation, d'oscillation ou autres aberrations de forme d'onde indésirables. Tant que les composants individuels du système de mesure sont spécifiés de la façon la plus pratique dans le domaine fréquentiel, le système final assemblé peut aussi être exigé pour satisfaire certaines limites de performances dans le domaine temporel.

Même un filtre idéal de Bessel-Thompson au 4^{ème} ordre aura une suroscillation d'environ 1 %, et un temps de montée (de 10 % à 90 %) d'environ $0,35/B$, où B est la largeur de bande en Hertz. En prévision de cela, le système global de mesure doit être exigé pour démontrer des performances similaires à celles qui sont décrites ci-dessous lorsqu'il est stimulé par un signal idéal d'une fonction en échelon:

- temps de montée, temps de descente (10 % – 90 %): $0,43/B$ maximum, $0,29/B$ minimum;
- temps de montée, temps de descente (20 % – 80 %): $0,35/B$ maximum, $0,23/B$ minimum;
- suroscillation, sous-oscillation: 5 % maximum.

3.2 Système de synchronisation de l'oscilloscope

Un signal de synchronisation stable est essentiel pour une mesure précise du diagramme de l'œil. Idéalement, l'unité optique de transmission fournit le signal de synchronisation. Cependant, étant donné que ce signal de synchronisation peut ne pas être présent au point d'interface optique, il peut être nécessaire de dériver le signal à partir de la forme d'onde optique elle-même.

Certains oscilloscopes permettront le déclenchement à partir de transitions dans le motif de données détecté, soit en interne (à partir du canal vertical), soit en externe (à partir d'une entrée de déclenchement séparée). Bien que simple en pratique, cette méthode n'est pas recommandée pour des mesures précises de performances. Les formes d'ondes optiques sont généralement assez «bruyantes» et, en déclenchant sur des transitions dans le motif de données, le diagramme de l'œil observé sera modifié par l'ajustement précis de la limite de déclenchement. Un oscilloscope se déclenchera généralement soit sur un front montant, soit sur un front descendant (mais pas les deux). Pour un motif de données PRBS (séquence binaire pseudo-aléatoire, *pseudo-random binary sequence*), seulement une transition binaire toutes les quatre transitions binaires produira un événement de déclenchement. C'est pourquoi 75 % des données ne sont jamais mesurées, même si le motif se répète. Une gigue dans la forme d'onde optique elle-même sera aussi difficile à observer, étant donné que le processus de déclenchement peut masquer la gigue. Une gigue sur le signal à mesurer est commune au signal de déclenchement, et peut être effectivement éliminée. Enfin, la largeur de bande du détecteur de transition, dans la plupart des oscilloscopes, peut être insuffisante pour permettre un déclenchement fiable et reproductible.

Lorsqu'on ne dispose pas d'un signal de synchronisation stable, une méthode plus fiable, utilisant la forme d'onde optique pour la synchronisation de l'oscilloscope, consiste à utiliser un oscillateur externe qui est «verrouillé» au signal optique. Cette façon de procéder est similaire à la méthode utilisée pour rétablir l'horloge dans un récepteur optique, mais est réalisée avec un équipement d'essai disponible dans le commerce plutôt qu'avec un circuit personnalisé. Cette méthode fournit un signal très stable de déclenchement, et permet une visualisation directe de la gigue dans la forme d'onde optique. Une description détaillée d'un système de synchronisation d'un oscilloscope et de ses équipements associés est donnée dans l'Annexe A. Il faut prendre des précautions lors du choix de la largeur de bande de réponse du système d'extraction de déclenchement, afin d'atteindre une mesure précise de la gigue.

3.3 Générateur de motifs d'impulsions

Le générateur de motifs d'impulsions doit être capable de fournir au système une séquence binaire pseudo-aléatoire et des motifs de mots programmables, cohérents avec le format du signal (forme d'impulsion, amplitude, etc.) nécessaires à l'entrée de l'interface électrique du système du dispositif d'émission.

3.4 Appareil de mesure de la puissance optique

L'appareil de mesure de la puissance optique utilisé doit avoir une résolution d'au moins 0,1 dB et doit être étalonné pour la longueur d'onde de fonctionnement de l'équipement à soumettre aux essais.

3.5 Affaiblisseur optique

L'affaiblisseur doit être capable d'effectuer des affaiblissements par paliers inférieurs ou égaux à 1 dB et il convient qu'il puisse ajuster le niveau d'entrée du convertisseur O/E.

Il convient de veiller à éviter une rétro-réflexion à l'intérieur de l'émetteur.

3.6 Cordon d'essai

Sauf spécification contraire, les cordons d'essai doivent avoir des propriétés physiques et optiques normalement égales à celles de l'installation de câble avec laquelle l'équipement est

destiné à fonctionner. Les cordons d'essai doivent mesurer de 2 m à 5 m de long et doivent contenir des fibres avec revêtement, qui éliminent la lumière de la gaine. Des connecteurs appropriés doivent être utilisés. Des cordons d'essai unimodaux doivent être déployés avec deux boucles de 90 mm de diamètre. Si l'équipement est destiné au fonctionnement multimodal et à une installation de câble qui n'est pas connue, la taille de fibre doit être de 62,5/125 μm .

4 Echantillon d'essai

L'échantillon d'essai doit être un émetteur spécifié à fibres optiques. Les entrées et sorties du système doivent être celles qui sont normalement vues par l'utilisateur du système. L'émetteur d'essai doit être installé dans la configuration de mesure, comme illustré à la Figure 1.

5 Mode opératoire

Lors de la mesure d'un diagramme de l'œil optique, un signal de synchronisation pour le déclenchement de l'oscilloscope peut être ou non disponible. Beaucoup de systèmes de mesure incluent la capacité à dériver un signal de synchronisation à partir du signal mesuré. Les considérations de mesure, ainsi qu'un plan pour construire un système de synchronisation, lorsqu'il n'y en a pas à l'intérieur de l'équipement d'essai, sont examinés à l'Annexe A.

5.1 Méthode 1: Mesure de base de la forme d'onde

5.1.1 Sauf spécification contraire, les conditions normalisées de fonctionnement s'appliquent. La température et l'humidité, ambiantes ou au point de référence, doivent être spécifiées.

5.1.2 Appliquer une tension/puissance appropriée au système en essai. Suivre les conditions de fonctionnement appropriées. Laisser suffisamment de temps (30 min, sauf spécification contraire du fabricant) au dispositif en essai pour atteindre des conditions de température et de performance stables.

Déterminer le débit de données du signal optique à soumettre aux essais. Sélectionner le filtre passe-bas approprié correspondant au débit de données et à la spécification de contrôle. Connecter l'équipement d'essai, comme illustré sur la Figure 1, et appliquer la puissance. Si un oscilloscope à échantillonnage est utilisé, vérifier que la forme de l'onde n'est pas dégradée par le biais du moyennage ou du lissage, et que le gain de la boucle d'échantillonnage est convenablement ajusté, si cela est applicable. Mettre l'affichage horizontal de l'oscilloscope à approximativement $0,2 T$ par division, où T est comme défini en 3.1.3, et la base de temps de l'oscilloscope est visualisée sur 10 divisions. Laisser suffisamment de temps à l'équipement d'essai pour le préchauffage.

Selon les conditions normalisées de fonctionnement, toutes les entrées du dispositif sont complètement chargées avec un signal au débit de données complet et avec un motif qui possède un contenu spectral représentatif du fonctionnement réel. Ceci est souvent atteint avec des données pseudo-aléatoires (longueur maximale de mot, généralement $2^{23} - 1$).

5.1.5 Utiliser des câbles à fibres optiques appropriés; si nécessaire, connecter l'entrée du convertisseur O/E au point d'interface optique soumis aux essais.

5.1.6 Ajuster la position verticale et la sensibilité de l'oscilloscope pour obtenir un affichage centré couvrant environ la moitié de la dimension verticale de l'écran.

5.1.7 Synchronisation de l'oscilloscope: ajuster le niveau de déclenchement, si nécessaire, pour obtenir un affichage stable de la forme d'onde.

5.1.8 Ajuster les contrôles vertical et horizontal de l'oscilloscope afin de produire l'affichage désiré du diagramme de l'œil.

5.1.9 Si on le désire, photographier, imprimer ou stocker dans un dispositif à mémoire la forme d'onde affichée pour des calculs ultérieurs. Sinon, les mesures doivent être réalisées sur écran.

5.1.10 Déconnecter ou sinon bloquer l'entrée du signal optique vers le convertisseur O/E en utilisant l'affaiblisseur optique. Observer ou enregistrer la trace de l'oscilloscope sous cette condition, afin de déterminer le niveau obscur. Cette information est nécessaire pour les calculs du taux d'extinction.

5.2 Méthode 2: Méthode de mesure de l'extinction en utilisant la fonction histogramme

5.2.1 Sauf spécification contraire, les conditions normalisées de fonctionnement s'appliquent. La température et l'humidité, ambiantes ou au point de référence, doivent être spécifiées.

5.2.2 Mettre le système soumis à l'essai sous tension. Suivre les conditions de fonctionnement appropriées. Laisser suffisamment de temps (30 min, sauf spécification contraire du fabricant) au dispositif en essai pour atteindre des conditions de température et de performance stables.

5.2.3 Déterminer le débit de données du signal optique à soumettre aux essais. Sélectionner le filtre passe-bas approprié correspondant au débit de données et à la spécification de contrôle. Connecter l'équipement d'essai, comme illustré sur la Figure 1, et appliquer la puissance. Si un oscilloscope d'échantillonnage est utilisé, vérifier que la forme d'onde n'est pas dégradée par le biais du moyennage ou du lissage, et que le gain de la boucle d'échantillonnage est convenablement ajusté, si cela est applicable. Mettre l'affichage horizontal de l'oscilloscope à approximativement $0,2 T$ par division, où T est comme défini en 3.1.3, et la base de temps de l'oscilloscope est visualisée sur 10 divisions. Laisser suffisamment de temps à l'équipement d'essai pour le préchauffage.

5.2.4 Selon les conditions normalisées de fonctionnement, toutes les entrées du dispositif sont complètement chargées avec un signal au débit de données complet et avec un motif qui possède un contenu spectral représentatif du fonctionnement réel. Ceci est souvent atteint avec des données pseudo-aléatoires (longueur maximale de mot, généralement $2^{23} - 1$).

5.2.5 Ajuster l'affaiblisseur optique pour mettre la puissance d'entrée du convertisseur O/E au niveau de puissance d'entrée spécifiée par le fabricant.

5.2.6 Connecter le cordon d'essai au connecteur d'entrée du convertisseur O/E.

5.2.7 Ajuster la position verticale et la sensibilité de l'oscilloscope pour obtenir un affichage centré couvrant environ la moitié de la dimension verticale de l'écran. La synchronisation avec le motif de données n'a pas à être présente à ce moment.

5.2.8 Synchronisation de l'oscilloscope: ajuster le niveau de déclenchement si nécessaire pour obtenir un affichage stable de la forme d'onde.

5.2.9 Ajuster les contrôles vertical et horizontal de l'oscilloscope afin de produire l'affichage désiré du diagramme de l'œil.

5.2.10 Si on le désire, photographier, imprimer ou stocker dans un dispositif à mémoire la forme d'onde affichée pour des calculs ultérieurs. Sinon, les mesures doivent être réalisées sur écran.

5.2.11 Déconnecter ou sinon bloquer l'entrée du signal optique vers le convertisseur O/E en utilisant l'affaiblisseur optique.

5.2.12 Ajuster le contrôle vertical de l'oscilloscope pour déterminer le niveau obscur. Enregistrer le niveau obscur (b_{dark}).

5.2.13 Régler l'affaiblisseur optique aux ajustements de 5.2.5.

5.2.14 Mesurer le niveau vertical par la fonction histogramme de l'oscilloscope, comme illustré sur la Figure 6. La plage de temps de l'histogramme est mT . Sauf spécification contraire, m doit être de 0,2 et être centré à l'intérieur du diagramme de l'œil 1.

5.2.15 Lire la tension moyenne correspondant à la puissance optique du niveau logique 1 (b_1), indiqué sur l'histogramme.

5.2.16 Lire la tension moyenne correspondant à la puissance optique du niveau logique 0 (b_0), indiqué sur l'histogramme.

6 Calcul

6.1 Définitions fondamentales relatives aux mesures de formes d'onde

Se référer aux définitions ci-dessous et à la Figure 3 pour les calculs d'échantillons. Les Figures 4 et 5 illustrent des exemples typiques de formes d'ondes mesurées. Les Tableaux 2 et 3 fournissent des paramètres généraux à partir des mesures illustrées respectivement sur les Figures 4 et 5.

b_{dark} : est la tension indiquée sur l'oscilloscope lorsque la puissance optique est retirée ou bloquée à partir du convertisseur O/E.

b_0 : est la tension correspondant à la puissance nominale optique du niveau logique 0. Si cela est disponible dans l'oscilloscope, des histogrammes de tension peuvent être utiles pour déterminer cette valeur. Le niveau logique 0 peut être estimé à partir d'un diagramme de l'œil optique filtré (Bessel-Thompson au 4^{ème} ordre, largeur de bande de $0,75/T$) comme la moyenne de l'histogramme de la tension mesurée au niveau logique 0 autour de la valeur centrale à 20 % de la période binaire. La moyenne de l'histogramme sur cette région fournit une bonne estimation de l'énergie dans le bit, comme le récepteur de référence sert d'intégration. On doit veiller à s'assurer que le nombre d'échantillons pris pour l'histogramme est suffisamment grand pour surmonter l'incertitude entraînée par le bruit sur la forme d'onde.

Pour le format «retour à zéro (RZ)», le niveau logique 0 peut être estimé à partir d'un diagramme de l'œil optique filtré (Bessel-Thompson au 4^{ème} ordre, largeur de bande de m/T , m à déterminer) comme la moyenne de l'histogramme de la tension mesurée au niveau logique 0 autour de la valeur à 5 % de la période binaire centrée en dessous de la valeur crête du 1 logique.

b_1 : est la tension correspondant à la puissance nominale optique du niveau logique 1. Si cela est disponible dans l'oscilloscope, des histogrammes de tension peuvent être utiles pour déterminer cette valeur. Pour le format «non-retour à zéro (NRZ)», le niveau logique 1 peut être estimé à partir d'un diagramme de l'œil optique filtré (Bessel-Thompson au 4^{ème} ordre, largeur de bande de $0,75/T$) comme la moyenne de l'histogramme de la tension mesurée au niveau logique 1 autour de la valeur centrale à 20 % de la période binaire. On doit veiller à s'assurer que le nombre d'échantillons pris pour l'histogramme est suffisamment grand pour surmonter l'incertitude entraînée par le bruit sur la forme d'onde. Noter que b_1 est supposé être plus grand que b_0 .

Pour le format «retour à zéro (RZ)», le niveau logique 1 peut être estimé à partir d'un diagramme de l'œil filtré (Bessel-Thompson du 4^{ème} ordre, largeur de bande de m/T , m à déterminer) comme la moyenne de l'histogramme de la tension mesurée au niveau logique 1 autour de la valeur à 5 % de la période binaire centrée en dessous de la valeur crête du 1 logique. Le pourcentage de période

binaire utilisé peut varier en fonction de la largeur de bande du récepteur de référence.

$(b_1 - b_0)$: est la différence de tension entre le niveau logique nominal 1 et le niveau logique nominal 0. Ceci est semblable au paramètre d'amplitude de modulation optique (OMA) défini dans la norme IEEE 802.3. Cependant, l'OMA est généralement mesurée sur un motif représentant un signal carré (comme 111100000) plutôt que sur un diagramme de l'œil afin de réduire les effets dépendant des données tels que l'interférence entre symboles et les transitoires laser. Pour l'OMA, b_1 est généralement déterminé au centre de la séquence des niveaux logiques 1 et b_0 est généralement déterminé au centre de la séquence des niveaux logiques 0.

Taux d'extinction: rapport de l'énergie optique moyenne au centre d'une impulsion de niveau logique 1 sur l'énergie optique moyenne au centre d'un niveau logique 0.

Pour le codage optique en ligne «non-retour à zéro (NRZ)» et «retour à zéro (RZ)», le taux d'extinction peut être déterminé en mesurant l'œil optique filtré (Bessel-Thompson du 4^{ème} ordre, largeur de bande de m/T , où m est 0,75 pour le NRZ et à déterminer pour le RZ) au taux linéaire complet et en calculant le taux:

$$(b_1 - b_{\text{dark}}) / (b_0 - b_{\text{dark}})$$

Taux de contraste (signaux de format en RZ): rapport de l'amplitude du signal de logique 1 à son état maximal sur l'amplitude de logique 1 à son état bas lorsqu'il retourne à 0.

$$(b_{1\text{on}} - b_{\text{dark}}) / (b_{1\text{off}} - b_{\text{dark}})$$

L'amplitude logique 1 basse est composée de données à partir des impulsions logiques 1 incluant les impulsions logiques 0 précédentes ou suivantes. Il convient de veiller à réduire l'influence du signal logique 0 dans la mesure de l'amplitude logique 1 basse.

Temps de montée: temps exigé pour que l'impulsion optique augmente de 20 % à 80 % ou à partir d'une valeur de:

$$b_0 + 0,2 (b_1 - b_0)$$

à une valeur de:

$$b_0 + 0,8 (b_1 - b_0)$$

En raison de la nature généralement «bruyante» des formes d'ondes optiques, les niveaux à 10 % et 90 % peuvent être difficiles à déterminer avec suffisamment de précision. C'est pourquoi les temps de montée de 20 % à 80 % sont préférés par la présente norme. Si les valeurs de 10 % à 90 % sont exigées, on peut soit mesurer ces valeurs directement, soit mesurer les valeurs de 20 % à 80 % et ensuite appliquer un facteur correctif. En supposant une réponse de filtre Bessel-Thompson au 4^{ème} ordre, les temps de montée de 10 % à 90 % sont plus élevés d'un facteur 1,25 que les temps de montée de 20 % à 80 %. Cette valeur est généralement mesurée sans un filtre passe-bas de Bessel-Thompson. Si le filtre est en place, le temps de montée mesuré sera plus grand que le temps de montée réel du signal.

Temps de descente: temps exigé pour que l'impulsion optique diminue de 80 % à 20 % ou à partir d'une valeur de:

$$b_0 + 0,8 (b_1 - b_0)$$

à une valeur de:

$$b_0 + 0,2 (b_1 - b_0)$$

Voir ci-dessus l'explication pour le temps de montée.

Largeur d'impulsion: largeur de l'impulsion de logique 1 au niveau 50 %, définie comme la durée à partir du moment où le front montant de la première impulsion optique croise la valeur de:

$$b_0 + 0,5 (b_1 - b_0)$$

jusqu'au moment où le premier front descendant croise la valeur de

$$b_0 + 0,5 (b_1 - b_0)$$

Distorsion du cycle de fonctionnement: uniquement pour le codage optique en ligne «non-retour à zéro (NRZ)», l'écart de largeur d'impulsion par rapport au cas idéal, exprimé en pourcentage, se présente comme suit:

$$\text{distorsion du cycle de fonctionnement (pourcentage)} = \left| (T - \text{largeur d'impulsion}) / T \right| 100$$

où T est défini en 3.1.3.

Gigue: variation de temps du front montant ou descendant de la forme d'onde optique lorsqu'elle croise la valeur de:

$$b_0 + K (b_1 - b_0)$$

où K est une constante comprise entre 0,2 et 0,8.

Idéalement, la valeur de K est 0,5, de façon que la gigue soit mesurée au niveau 50 %. Cependant, les fronts montant et descendant du diagramme de l'œil en NRZ se chevauchent souvent au niveau 50 %, ce qui rend les mesures difficiles. Il convient que la valeur absolue de la gigue ne soit relativement pas affectée par le choix des limites. Noter que la gigue sur le front montant peut ne pas être identique à la gigue sur le front descendant.

Pour le diagramme de l'œil en NRZ, une mesure de gigue peut aussi être réalisée lorsque les fronts montant et descendant de l'histogramme se coupent. Ceci fournit une évaluation utile de la gigue globale du signal pour des transitions aux deux logiques binaires 0 et 1, et de la fermeture de l'œil effective spécifiquement entraînée par la gigue. Cette mesure est réalisée en plaçant verticalement un histogramme étroit positionné au point de croisement du diagramme de l'œil. Les statistiques des histogrammes telles que la propagation crête à crête et l'écart normalisé peuvent être utilisées pour quantifier la gigue. Noter que la définition de la gigue, sur la Figure 3a), n'inclut pas de distorsion du cycle de fonctionnement, qui peut être considérée comme un élément de la gigue, mais est définie et mesurée comme un paramètre individuel dans cette procédure.

Pour le diagramme de l'œil en RZ, les fronts montant et descendant ne se croisent pas. Une mesure de gigue est réalisée soit sur le front montant, soit sur le front descendant, généralement à l'amplitude de 50 %. Une mesure agrégée peut être réalisée, par le biais de la combinaison des mesures de la gigue réalisée, utilisant des histogrammes à la fois sur le front montant et sur le front descendant. Comme la gigue est une évaluation de la fermeture de l'œil horizontale (temps), la moitié droite de l'histogramme du front montant de la gigue est combinée avec la moitié gauche de l'histogramme du front descendant de la gigue, afin d'approcher la mesure équivalente de la gigue au point de croisement du diagramme de l'œil en NRZ.

Impulsion de suroscillation de logique 1: tension correspondant à la puissance optique supérieure à b_1 suivant la transition 0 à 1 pour la forme d'onde en NRZ.

Pour la forme d'onde en RZ, la suroscillation se produira à la fois dans la transition 1 à 0 et la transition 1 à 1, et est la tension correspondant à la puissance optique inférieure à b_0 (mais supérieure à b_{dark}) suivant la transition 1 à 0 ou la transition 1 à 1.

L'impulsion de suroscillation de logique 1 est un défaut commun de la forme d'onde, entraîné par les caractéristiques transitoires de la réponse de la source optique.

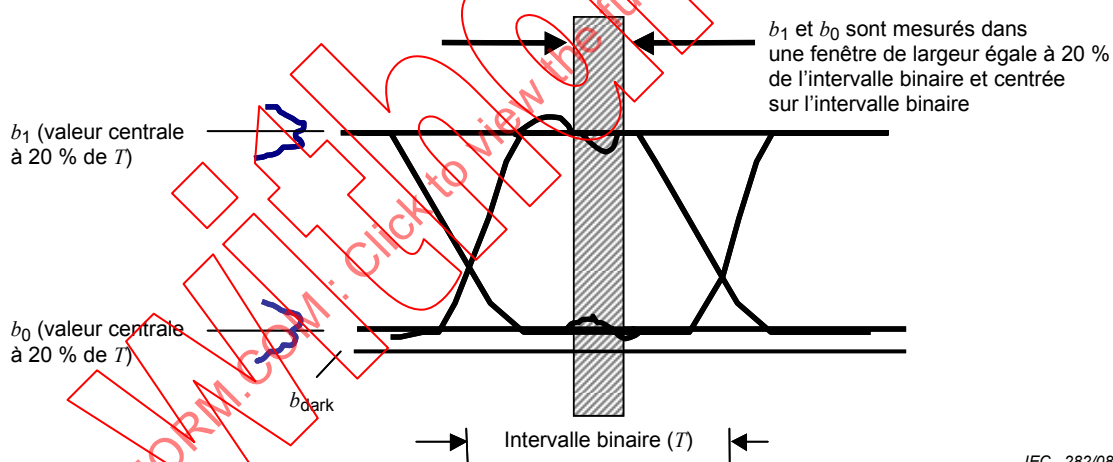
Impulsion de suroscillation de logique 0: tension correspondant à la puissance optique inférieure à b_0 (mais supérieure à b_{dark}) suivant la transition 1 à 0 pour la forme d'onde en NRZ.

Impulsion de sous-oscillation de logique 1: tension correspondant à la puissance optique en dessous de b_1 suivant une suroscillation (éventuelle) associée à une transition 0 à 1 pour la forme d'onde en NRZ.

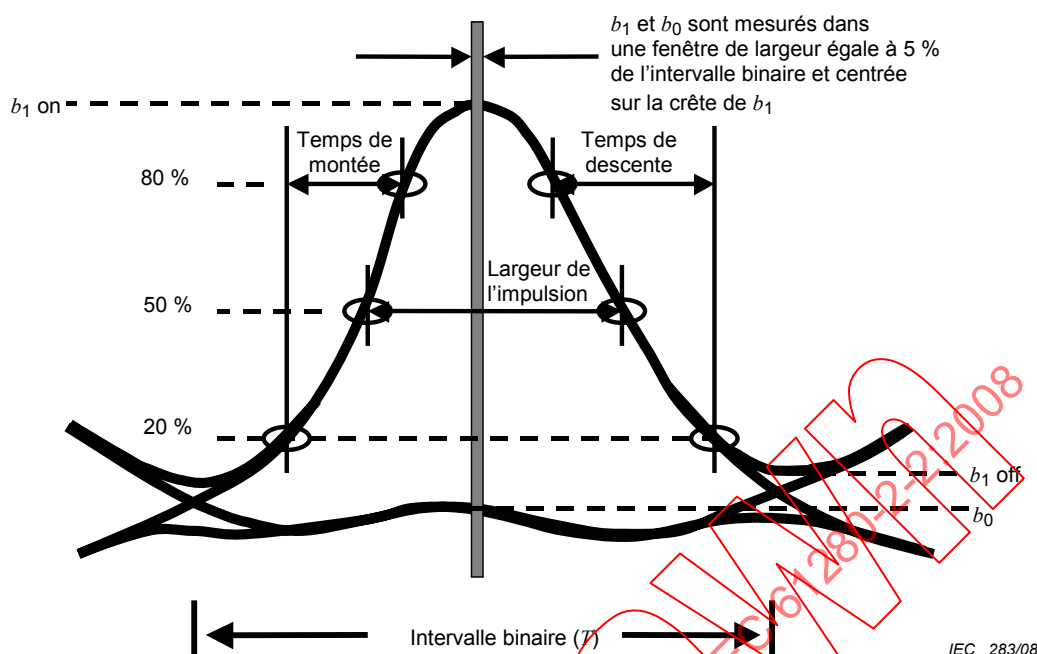
Impulsion de sous-oscillation de logique 0: tension correspondant à la puissance optique supérieure à b_0 suivant une suroscillation (éventuelle) associée à une transition 1 à 0 pour les formes d'ondes en NRZ et en RZ, ainsi qu'à la transition 1 à 1 pour la forme d'onde en RZ.

Fréquence d'oscillation: fréquence caractéristique associée à la suroscillation et à la sous-oscillation de l'impulsion de logique 1.

La fréquence d'oscillation peut être calculée en supposant que les crêtes de suroscillation et de sous-oscillation sont séparées en temps d'une demi-période de la fréquence d'oscillation.



a) Illustration des paramètres du diagramme de l'œil en NRZ



b) Illustration des paramètres du diagramme de l'œil en RZ

Figure 3 – Illustrations des paramètres du diagramme de l'œil en NRZ et en RZ

6.2 Méthode 2: Méthode de mesure de l'extinction en utilisant la fonction histogramme

6.2.1 Le taux d'extinction, pour le codage optique en ligne «non-retour à zéro (NRZ)» et «retour à zéro (RZ)», exprimé en dB, est défini de la manière suivante:

$$\text{taux d'extinction (dB)} = 10 \log_{10} ((b_1 - b_{\text{dark}}) / (b_0 - b_{\text{dark}}))$$

6.3 Analyse du diagramme de l'œil en utilisant un masque

De nombreuses normes de télécommunications définissent la forme autorisée de la forme d'onde de sortie d'un émetteur à travers un masque de l'œil. Un masque de l'œil se compose généralement de trois polygones placés au-dessus, au-dessous et à l'intérieur du diagramme de l'œil (voir Figure 4). Les formes du masque sont généralement définies par des normes spécifiques de télécommunications. L'alignement du masque par rapport au diagramme se présente généralement comme indiqué ci-dessous.

Les formes du masque sont définies en utilisant un système générique de coordonnées où les 0 et 1 sur l'axe du temps correspondent respectivement aux points de croisement à gauche et à droite de l'œil. Le 0 sur l'axe d'amplitude est défini par le niveau de logique 0 de l'œil. Le 1 sur l'axe d'amplitude est défini par le niveau de logique 1 de l'œil. Sauf indication contraire par la norme de télécommunications, les niveaux d'amplitude 0 et 1 sont définis conformément au 6.1 comme respectivement b_0 et b_1 .

Les essais de masque sont généralement réalisés en utilisant des oscilloscopes numériseurs. Les résultats dépendent de la taille de population des données échantillonnées. Une forme d'onde numérisée est composée d'un nombre fixé d'échantillons. Lorsqu'un essai de masque est conçu, pour produire une évaluation adéquate du diagramme de l'œil, il convient de prendre en considération le nombre d'échantillons de formes d'ondes exigé, plutôt que le nombre de formes d'ondes. Comme le nombre d'échantillons qui composent une forme d'onde peut varier avec les différentes mises en œuvre de l'oscilloscope, l'indication d'un nombre spécifique d'échantillons mènera à des résultats comparables. Il convient que le nombre d'échantillons exigé pour une population adéquate soit réglé par la norme de télécommunications. L'augmentation du nombre d'échantillons permet une évaluation plus