

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61280-2-2

Deuxième édition
Second edition
2005-04

**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**

**Fibre optic communication subsystem
test procedures –**

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



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61280-2-2:2005

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61280-2-2

Deuxième édition
Second edition
2005-04

**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**

**Fibre optic communication subsystem
test procedures –**

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

© IEC 2005 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT PROPOS	4
1 Domaine d'application et objet	8
2 Référence Normative	8
3 Matériel	8
3.1 Système de détection optique dans le domaine temporel.....	10
3.2 Système de synchronisation de l'oscilloscope	18
3.3 Générateur d'impulsion modèle.....	18
3.4 Appareil de mesure de la puissance optique	18
3.5 Affaiblisseur optique	18
3.6 Câble de liaison	20
4 Epreuve d'essai	20
5 Procédure.....	20
5.1 Méthode 1: Mesure de base de la forme d'onde.....	20
5.2 Méthode 2: Méthode de mesure de l'extinction en utilisant la fonction histogramme	22
6 Calcul.....	24
6.1 Méthode 1: Définitions de la mesure de base de la forme d'onde.....	24
6.2 Méthode 2: Méthode de calcul de l'extinction en utilisant la fonction histogramme	32
6.3 Analyse du diagramme de l'œil en utilisant un masque.....	32
7 Résultat d'essai	36
7.1 Information exigée.....	36
7.2 Information disponible.....	38
7.3 Information de spécification.....	38
Annexe A (informative) Système de synchronisation de l'oscilloscope	42
Bibliographie.....	50
Figure 1 – Configuration de mesure du diagramme de l'œil optique, de la forme d'onde et du taux d'extinction	8
Figure 2 – Système de détection optique dans le domaine temporel.....	10
Figure 3 – Illustration des paramètres du diagramme de l'œil en RZ.....	32
Figure 4 – Exemple de diagramme de l'œil mesuré avec un filtre passe-bas de $0,75/T$	34
Figure 5 – Exemple de diagramme de l'œil mesuré avec un filtre passe-bas de $3,0/T$	36
Figure 6 – Diagramme de l'œil avec des données d'un histogramme vertical collectées à partir de la fenêtre centrale à 20 %	36
Figure A.1 – Système de synchronisation de l'oscilloscope	42
Tableau 1 – Caractéristiques de la réponse en fréquence	16
Tableau 2 – Paramètres typiques pour la mesure illustrée à la Figure 4	38
Tableau 3 – Paramètres typiques pour la mesure illustrée à la Figure 5	40

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope and object.....	9
2 Normative reference.....	9
3 Apparatus.....	9
3.1 Time-domain optical detection system.....	11
3.2 Oscilloscope synchronization system.....	19
3.3 Pulse pattern generator.....	19
3.4 Optical power meter.....	19
3.5 Optical attenuator.....	19
3.6 Jumper cable.....	21
4 Test sample.....	21
5 Procedure.....	21
5.1 Method 1: Basic waveform measurement.....	21
5.2 Method 2: Extinction measurement method using the histogram function.....	23
6 Calculation.....	25
6.1 Method 1: Basic waveform measurement definitions.....	25
6.2 Method 2: Extinction calculation method using the histogram function.....	33
6.3 Eye-diagram analysis using a mask.....	33
7 Test result.....	37
7.1 Required information.....	37
7.2 Available information.....	39
7.3 Specification information.....	39
Annex A (informative) Oscilloscope synchronization system.....	43
Bibliography.....	51
Figure 1 – Optical eye pattern, waveform, and extinction ratio measurement configuration.....	9
Figure 2 – Time-domain optical detection system.....	11
Figure 3 – Illustration of NRZ and RZ eye-diagram parameters.....	33
Figure 4 – Example of eye pattern measured with $0,75/T$ low-pass filter.....	35
Figure 5 – Example of eye pattern measured with $3,0/T$ low-pass filter.....	37
Figure 6 – Eye diagram with vertical histogram data collected from the central 20 % window.....	37
Figure A.1 – Oscilloscope synchronization system.....	43
Table 1 – Frequency response characteristics.....	17
Table 2 – Typical parameters for the measurement shown in Figure 4.....	39
Table 3 – Typical parameters for the measurement shown in Figure 5.....	41

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 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'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les normes internationales de la CEI dans leurs normes 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 seconde édition annule et remplace la première édition publiée en 1998. Cette seconde édition constitue une révision technique. Les modifications plus importantes concernent la mise à jour de la mesure du taux d'extinction et des définitions du masque de l'œil afin de correspondre avec le TIA OFSTP-4A et l'introduction des méthodes pour les mesures retour à zéro (ZR, *return-to-zero*) de l'œil.

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 International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 second edition cancels and replaces the first edition published in 1998. This second edition constitutes a technical revision. Significant changes include updating the extinction ratio measurement and eye-mask definitions to coincide with TIA OFSTP-4A and inclusion of methods for return-to-zero (RZ) eye measurements.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86C/642/FDIS	86C/661/RVD

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de la présente norme.

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

La CEI 61280 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunications à fibres optiques* ¹⁾:

Partie 1: Sous-systèmes généraux de télécommunication ²⁾

Partie 2: Systèmes numériques ³⁾

Partie 4: Installation de câbles et liens ⁴⁾

La Partie 3 est en préparation.

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.

¹⁾ Le titre général de la série CEI 61280 a changé. D'autres parties ont été publiées sous le titre général *Procédures d'essai de base des sous-systèmes de télécommunication à fibres optiques*.

²⁾ Le titre de la Partie 1 a changé. Les Parties 1-1 et 1-3 ont été publiées sous le titre *Procédures d'essai des sous-systèmes généraux de télécommunication*.

³⁾ Le titre de la Partie 2 a changé. Les Parties 2-1, 2-2, 2-4 et 2-5 ont été publiées sous le titre *Procédures d'essai des systèmes numériques*.

⁴⁾ Le titre de la Partie 4 a changé. La Partie 4-2 a été publiée sous le titre *Installation de câbles à fibres optiques*.

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

FDIS	Report on voting
86C/642/FDIS	86C/661/RVD

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.

IEC 61280 consists of the following parts under the general title *Fibre optic communication subsystem test procedures* ¹⁾ :

Part 1: General communication subsystems ²⁾

Part 2: Digital systems ³⁾

Part 4: Cable plant and links ⁴⁾

Part 3 is in preparation.

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.

¹⁾ The general title of the IEC 61280 series has changed. Previous parts were published under the general title *Fibre optic communication subsystem basic test procedures*

²⁾ The title of Part 1 has changed. Parts 1-1 and 1-3 were published under the title *Test procedures for general communication subsystems*.

³⁾ The title of Part 2 has changed. Parts 2-1, 2-2, 2-4 and 2-5 were published under the title *Test procedures for digital systems*.

⁴⁾ The title of Part 4 has changed. Part 4-2 was published under the title *Fibre optic cable plant*.

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

La présente partie de la CEI 61280 décrit 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 dépassement et le taux d'extinction. Sinon, la forme d'onde peut être déterminée avec un masque de forme d'onde prédéterminé.

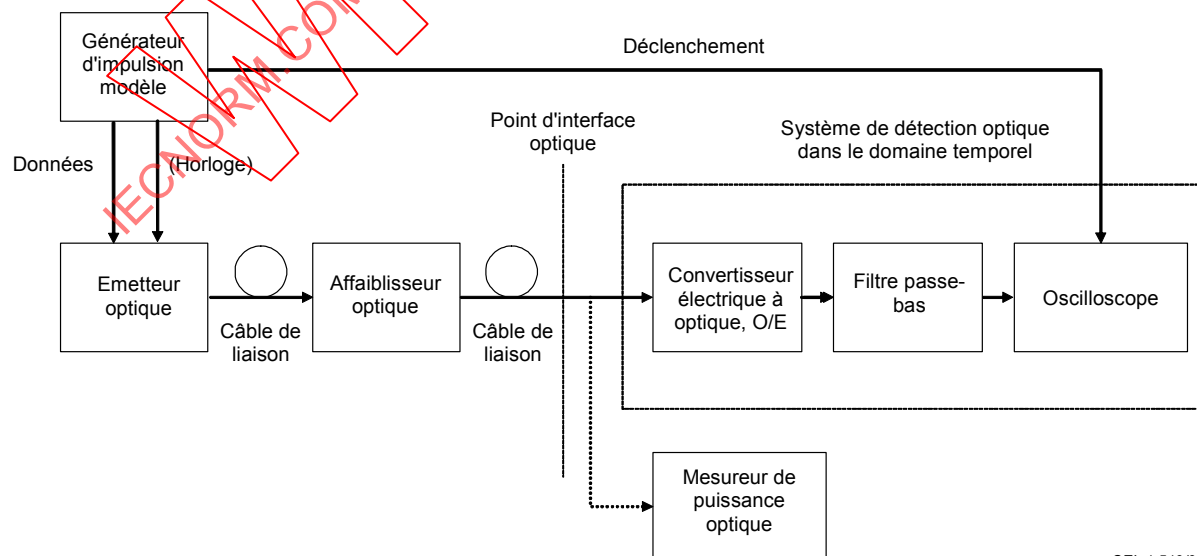
2 Références normatives

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.957:1999, *Interfaces optiques pour les équipements et les systèmes relatifs à la hiérarchie numérique synchrone*
Amendement 1 (2003)

3 Matériel

Les composants principaux du système de mesure sont un photo-détecteur, un filtre passe-bas, un oscilloscope, et un appareil de mesure de la puissance optique, comme illustré à 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**

FIBRE OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM TEST PROCEDURES –

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

1 Scope

This part of IEC 61280 describes a test procedure to measure 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.

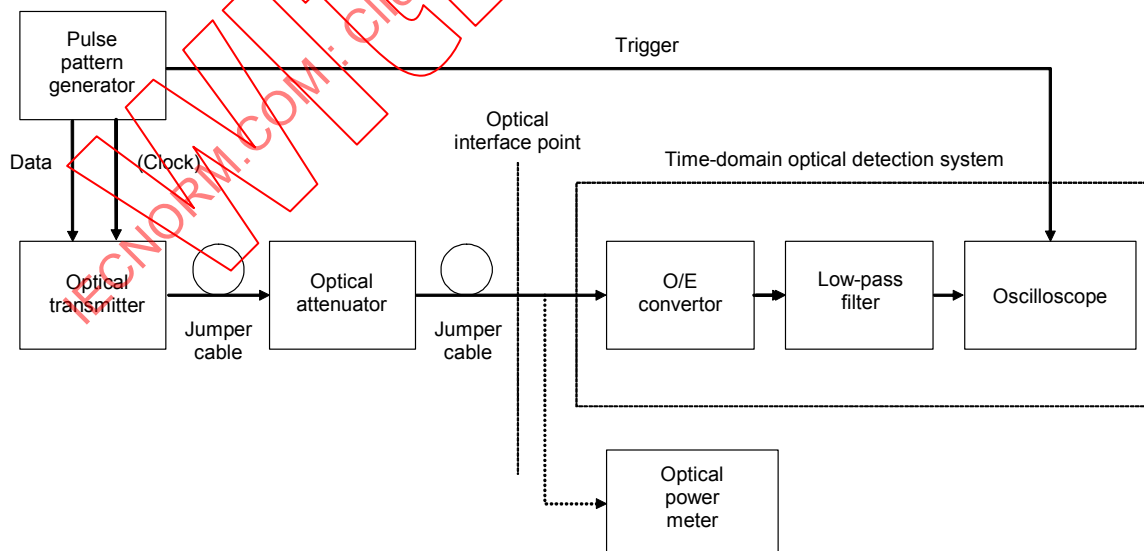
2 Normative references

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.957:1999, *Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy*
Amendment 1 (2003)

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.

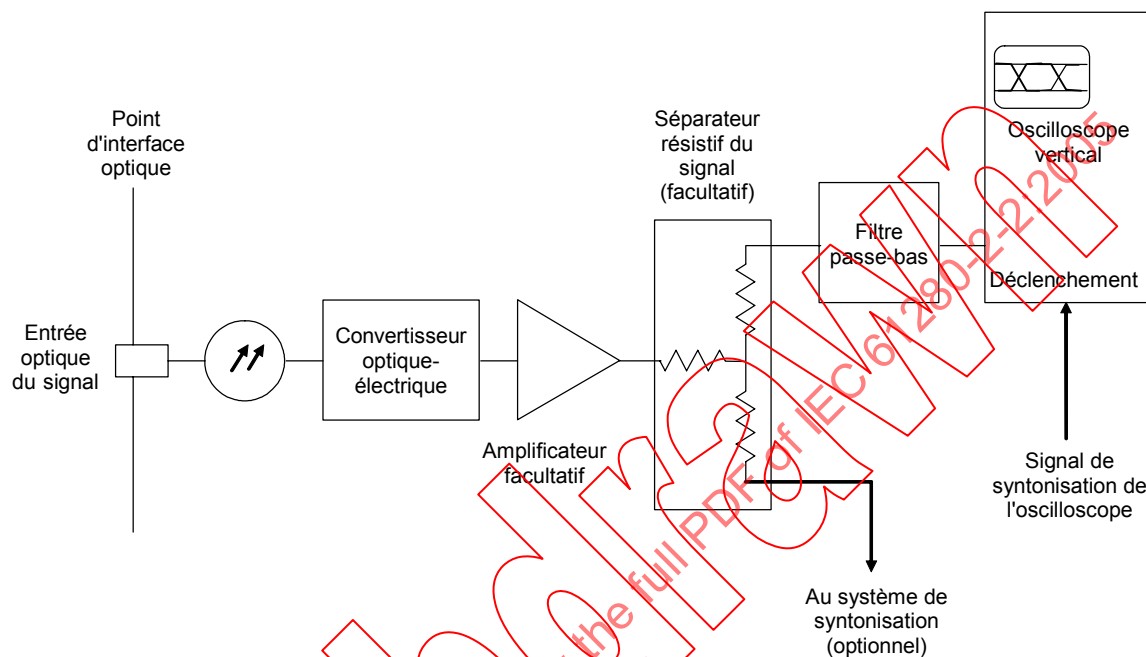


IEC 1519/98

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

3.1 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 à la Figure 2. Des descriptions plus complètes des équipements sont présentées dans les paragraphes qui suivent.



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 typiquement une photodiode à haute vitesse, 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 câble de liaison optique.

Le convertisseur O/E (incluant toute amplification optionnelle située après le convertisseur optique) 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 d'implémentations possibles, mais les lignes directrices générales sont les suivantes:

- plage acceptable de longueurs d'onde d'entrée, adéquate pour couvrir l'application visée;
- réflectance d'entrée optique, assez 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.

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.

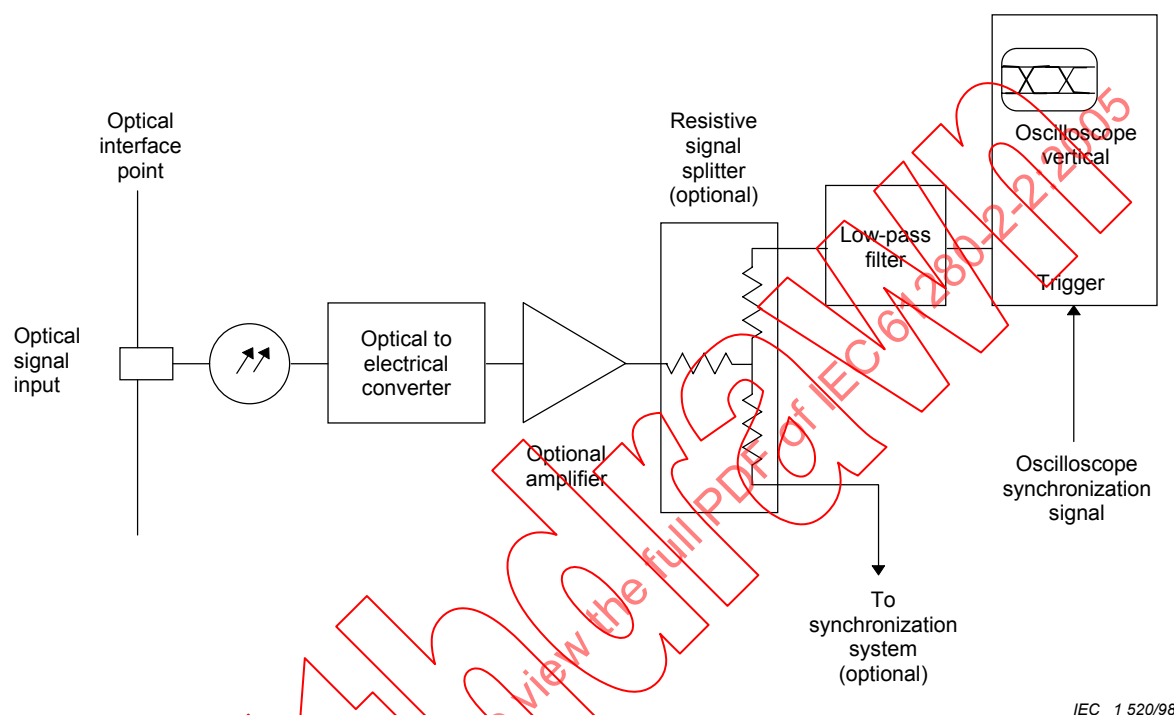


Figure 2 – Time-domain optical detection system

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 jumper cable.

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) 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 à mesurer. Si la sensibilité de l'oscilloscope est de 10 mV par division, une sensibilité de 790 V/W est requise pour produire un affichage de 50 mV crête à crête (c'est-à-dire 5 divisions crête à crête).

- d) flux (énergétique) équivalent au bruit, 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 à mesurer. 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, le flux (énergétique) équivalent au bruit doit être 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 façon avec une précision suffisante. 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 ce filtre à lui seul 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) il convient que la réponse transitoire, que la sur-oscillation, la sous-oscillation et les autres formes d'onde aberrantes soient mineures de manière à n'avoir aucune interférence avec la mesure;

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

- h) le facteur d'adaptation 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. Beaucoup de filtres passe-bas, passifs et à faibles pertes, ajoutés pour être réfléchissants dans la bande d'arrêt, possèdent des réponses en fréquence qui sont fortement dépendantes des impédances de terminaisons à l'entrée et à la sortie. Une valeur minimale de 15 dB pour le facteur d'adaptation est recommandée lorsque des filtres passe-bas passifs sont employés après le convertisseur O/E. Le facteur d'adaptation effective de sortie du convertisseur O/E peut être amélioré avec des affaiblisseurs électriques en ligne, aux frais d'une réduction des niveaux du signal. Finalement, la spécification du facteur d'adaptation 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 certains points dans le 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.

- 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 with sufficient accuracy. 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 should be 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 so 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 Filtre passe-bas à phase linéaire

D'une façon générale, un des objectifs de la mesure du diagramme de l'œil est de vérifier certaines prescriptions de performances 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 devront avoir différentes largeurs de bande, la reproductibilité entre les montages devrait être 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 typiquement 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 avec 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 données dans la norme de télécommunications définissant les performances des transmetteurs):

- impédance caractéristique: 50 Ω nominale;
- largeur de bande à -3 dB: $0,75/T$, Hz;
- type de filtre: Bessel-Thomson au 4^e ordre (étude ultérieure nécessaire pour le format RZ);

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 (return-to-zero) 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; (Further study required for RZ format)
- filter type: fourth-order Bessel-Thomson (further study required for RZ format)

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 sur-oscillation, d'oscillation et d'autres formes d'ondes aberrantes indésirables. Tant que les composants individuels du système de mesure sont spécifiés de la façon la plus pratique dans le domaine temporel, le système final assemblé peut aussi être exigé pour satisfaire certaines limites de performances dans le domaine temporel.

Même un filtre idéal de Bessel-Thomson au 4^e ordre aura une sur-oscillation 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;
- sur-oscillation, sous-oscillation : 5 % maximum.

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	0,0027
0,75	3,0	0,3	0,0087
0,90	4,5	0,3	0,0257
1,00	5,7	0,3	0,0447
1,05	6,4	0,39	0,0557
1,20	8,5	0,64	0,1007
1,35	10,9	0,90	0,1407
1,50	13,4	1,15	0,1907
2,00	21,5	2,0	0,3007

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-Thomson 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 Système de synchronisation de l'oscilloscope

Un signal stable de synchronisation 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 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'onde 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 déclenchera typiquement soit sur un front montant, soit sur un front descendant (mais pas les deux). Pour un motif de données PRBS (séquence binaire pseudo-aléatoire) seulement 1 transition binaire toutes les 4 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 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 retirée du mode commun. Finalement, 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 stable de synchronisation, 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 commercialement 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 d'impulsions modèle

Le générateur d'impulsions modèle 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.

3.2 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 PRBS data pattern, only 1 of every 4 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 common-mode'd out. 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

An 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 Câble de liaison

Sauf spécification contraire, les liaisons 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 liaisons doivent être 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 liaisons unimodales doivent être déployées 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 62,5/125 μm .

4 Epreuve 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 Procédure

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'un des deux n'est pas intégré à l'intérieur de l'équipement d'essai, sont examinées à l'Annexe A.

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

- a) Sauf spécification contraire, les conditions normalisées de fonctionnement s'appliquent. La température et l'humidité, ambiantes ou au point de référence, doivent être spécifiés.
- b) Appliquer une tension/puissance appropriée à l'entrée terminale du système en essai. Suivre les conditions de fonctionnement appropriées. Laisser suffisamment de temps (30 min, sauf spécification contraire du fabricant) à la partie terminale en essai pour atteindre le régime permanent pour la température et les conditions de performances.
- c) 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 à la Figure 1, et appliquer la puissance. Si un oscilloscope d'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.
- d) Selon les conditions normalisées de fonctionnement, toutes les entrées terminales 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, typiquement $2^{23} - 1$).
- e) Utiliser des câbles appropriés à fibres optiques; si cela est nécessaire, connecter l'entrée du convertisseur O/E au point d'interface optique à mesurer.
- f) 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.
- g) Synchronisation de l'oscilloscope: ajuster le niveau de déclenchement, si cela est nécessaire, pour obtenir un affichage stable de la forme d'onde.

3.6 Jumper cable

Unless otherwise specified, the test jumpers shall have physical and optical properties normally equal to those of the cable plant with which the equipment is intended to operate. The jumpers 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 jumpers 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

- a) Unless otherwise specified, standard operating conditions apply. The ambient or reference point temperature and humidity shall be specified.
- b) 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.
- c) 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.
- d) 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 $2^{23} - 1$).
- e) Use appropriate optical fibre cables; if necessary, connect the input of the O/E converter to the optical interface point being tested.
- f) Adjust the vertical position and sensitivity of the oscilloscope to obtain a centered display covering about half of the vertical screen dimension.
- g) Oscilloscope synchronization: adjust the trigger level, if necessary, to obtain a stable waveform display.

- h) Ajuster les contrôles vertical et horizontal de l'oscilloscope afin de produire l'affichage désiré du diagramme de l'œil.
- i) Si on le désire, photographier, imprimer ou stocker dans un dispositif mémoire la forme d'onde affichée pour des calculs ultérieurs. Sinon, les mesures doivent être réalisées sur l'écran.
- j) Déconnecter ou sinon bloquer l'entrée optique du signal 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

- a) Sauf spécification contraire, les conditions normalisées de fonctionnement s'appliquent. La température et l'humidité, ambiantes ou au point de référence, doivent être spécifiées.
- b) Appliquer une tension/puissance appropriée à l'entrée terminale du système en essai. Suivre les conditions de fonctionnement appropriées. Laisser suffisamment de temps (30 min, sauf spécification contraire du fabricant) à la partie terminale en essai pour atteindre le régime permanent pour la température et les conditions de performances.
- c) 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 à 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 à $0,2 T$ 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.
- d) Selon les conditions normalisées de fonctionnement, toutes les entrées terminales 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, typiquement $2^{23} - 1$).
- e) Ajuster l'affaiblisseur optique pour mettre la puissance d'entrée du convertisseur O/E au niveau de puissance d'entrée spécifiée par les fabricants.
- f) Connecter le câble de liaison au connecteur d'entrée du convertisseur O/E.
- g) 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.
- h) Synchronisation de l'oscilloscope: Ajuster le niveau de déclenchement si nécessaire pour obtenir un affichage stable de la forme d'onde. Se référer à la technique de synchronisation décrite dans l'Annexe A.
- i) Ajuster les contrôles vertical et horizontal de l'oscilloscope afin de produire l'affichage désiré du diagramme de l'œil.
- j) Si on le désire, photographier, imprimer ou stocker dans un dispositif mémoire la forme d'onde affichée pour des calculs ultérieurs. Sinon, les mesures doivent être réalisées sur l'écran.
- k) Déconnecter ou sinon bloquer l'entrée optique du signal vers le convertisseur O/E en utilisant l'affaiblisseur optique.
- l) Ajuster le contrôle vertical de l'oscilloscope pour déterminer le niveau obscur. Enregistrer le niveau obscur (b_{dark}).
- m) Régler l'affaiblisseur optique aux ajustements du 5.2 e)

- h) Adjust the vertical and horizontal controls of the oscilloscope to produce the desired eye pattern display.
- i) If desired, photograph, print, or store in a memory device the displayed waveform for later calculations. Otherwise, measurements shall be performed on screen.
- j) 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

- a) Unless otherwise specified, standard operating conditions apply. The ambient or reference point temperature and humidity shall be specified.
- b) 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.
- c) 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 $0,2T$ 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.
- d) 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 $2^{23} - 1$).
- e) Adjust the optical attenuator to set the O/E converter input power at the manufacturer specified input power level.
- f) Connect the jumper cable to the input connector of the O/E converter.
- g) Adjust the vertical position and sensitivity of the oscilloscope to obtain a centered display covering about half of the vertical screen dimension. Synchronization with the data pattern need not be present at this time.
- h) Oscilloscope synchronization: adjust the trigger level as necessary to obtain a stable waveform display. Refer to the synchronization technique described in Annex A.
- i) Adjust the vertical and horizontal controls of the oscilloscope to produce the desired eye pattern display.
- j) If desired, photograph, print, or store in a memory device the displayed waveform for later calculations. Otherwise, measurements must be performed on-screen.
- k) Disconnect or otherwise block the optical signal input to the O/E converter by using the optical attenuator.
- l) Adjust the vertical control of the oscilloscope to determine the dark level. Record the dark level (b_{dark}).
- m) Set the optical attenuator to the adjustment of 5.2 e)

- n) Mesurer le niveau vertical par la fonction histogramme de l'oscilloscope, comme illustré à la Figure 6. La plage de temps de l'histogramme est mT . Sauf spécification contraire, m doit être de 0,2 et centrée à l'intérieur du diagramme de l'œil 1.
- o) Lire la tension moyenne correspondant à la puissance optique du niveau logique 1 (b_1), indiqué sur l'histogramme.
- p) Lire la tension moyenne correspondant à la puissance optique du niveau logique 0 (b_0), indiqué sur l'histogramme.

6 Calcul

6.1 Méthode 1: Définitions de la mesure de base de la forme 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'onde mesurées. Les Tableaux 2 et 3 fournissent des paramètres typiques à partir des mesures illustrées respectivement dans 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-Thomson au 4^e 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 du bit. 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-Thomson au 4^e 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 du bit centré 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-Thomson au 4^e 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 du bit. 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 estimé 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 optique filtré (Bessel-Thomson au 4^e 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 du bit 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 parfois désigné comme une amplitude de modulation optique (OMA). L'OMA est parfois mesurée sur un motif 1111100000 plutôt qu'un diagramme de l'œil.

- n) 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 centered within the eye diagram 1.
- o) Read the mean voltage corresponding to the optical power of the logic 1 level (b_1), indicated on the histogram.
- p) Read the mean voltage corresponding to the optical power of the logic 0 level (b_0), indicated on the histogram.

6 Calculation

6.1 Method 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. Table 2 and Table 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-Thomson, $0,75/T$ 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-Thomson, m/T bandwidth, m to be determined) as the mean of the logic 0 histogram voltage measured across 5 % of the bit period centered 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-Thomson, $0,75/T$ 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-Thomson, m/T , m to be determined, bandwidth) as the mean of the logic 1 histogram voltage measured across 5 % of the bit period centered 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 sometimes referred to as optical modulation amplitude (OMA). OMA is sometimes measured on a 1111100000 pattern rather than an eye diagram.

Taux d'extinction: rapport de l'énergie optique (pendant un seul intervalle binaire) dans une impulsion de logique 1 sur l'énergie optique (pendant un seul intervalle binaire) de la valeur nominale de 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 le diagramme de l'œil optique filtré (Bessel-Thomson au 4^e 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 zéro.

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

L'amplitude logique 1 basse est composée de données à partir des impulsions logiques 1 incluant les impulsions logiques 0 précédentes et 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-Thomson au 4^e ordre, les temps de montée de 10 % à 90 % sont plus grands d'un facteur 1,25 par rapport aux temps de montée de 20 % à 80 %. Cette valeur est typiquement mesurée sans un filtre passe-bas de Bessel-Thomson. Si le filtre est en place, le temps de montée mesurée 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

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

Extinction ratio: the ratio of the optical energy (during a single bit interval) in a logic 1 pulse to the optical energy (during a single bit interval) of the nominal logic zero.

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-Thomson, 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 zero.

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

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-Thomson 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-Thomson filter. If the filter is in place, the rise time measured will be larger than the actual rise time 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

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

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:

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

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 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 étroit histogramme 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.

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, typiquement 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 sur-oscillation 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 sur-oscillation 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 plus grande que b_{dark}) suivant la transition 1 à 0 et la transition 1 à 1.

L'impulsion de sur-oscillation 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 sur-oscillation de logique 0: tension correspondant à la puissance optique en dessous de b_0 (mais plus grande que b_{dark}) suivant la transition 1 à 0 pour la forme d'onde en NRZ.

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 overlap 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.

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.

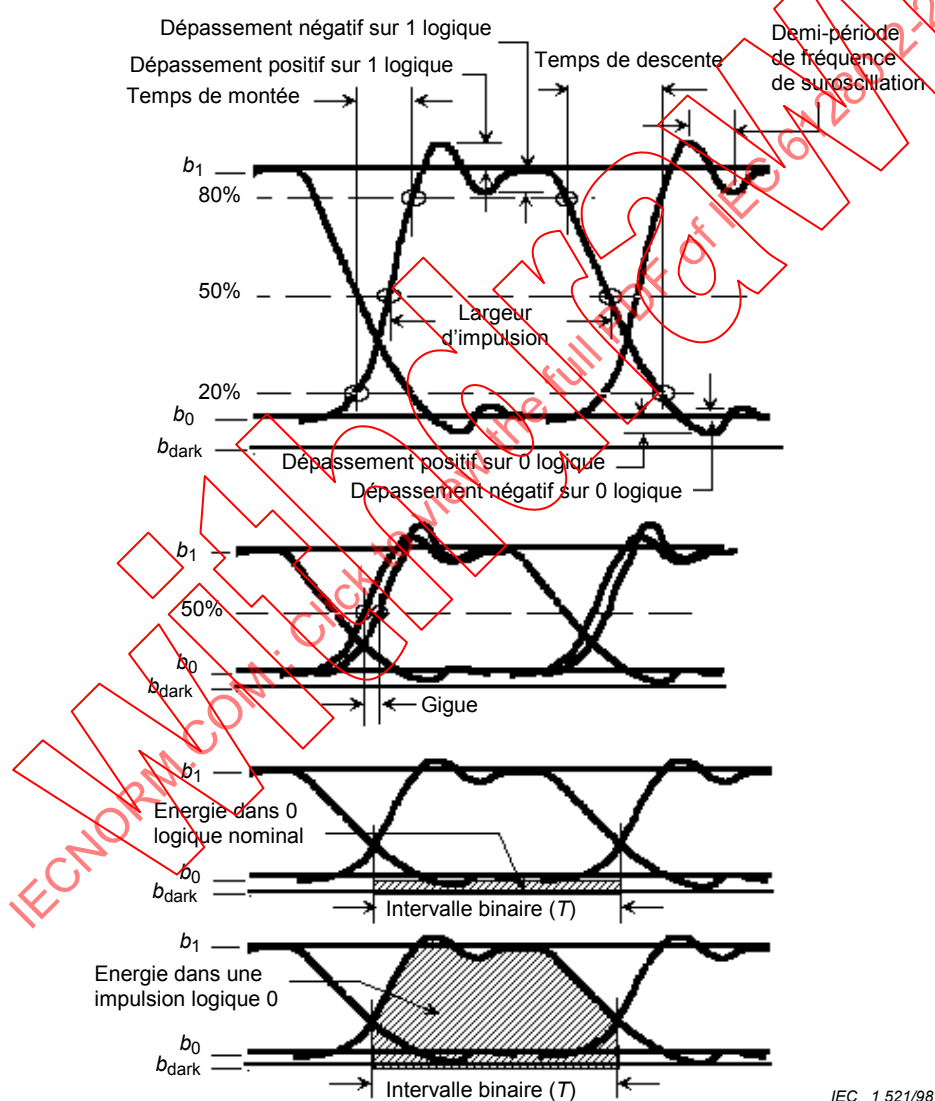
Overshoot on logic 0 pulse: voltage corresponding to optical power below b_0 (but greater than b_{dark}) following the 1 to 0 transition for the NRZ waveform.

Impulsion de sous-oscillation de logique 1: tension correspondant à la puissance optique en dessous de b_1 suivant un sur-dépassement (éventuel) associé 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 supérieure à b_0 suivant une sur-oscillation (éventuelle) associée à une transition 1 à 0 pour les formes d'onde 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 avec la sur-oscillation et avec la sous-oscillation de l'impulsion de logique 1.

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



IEC 1521/98

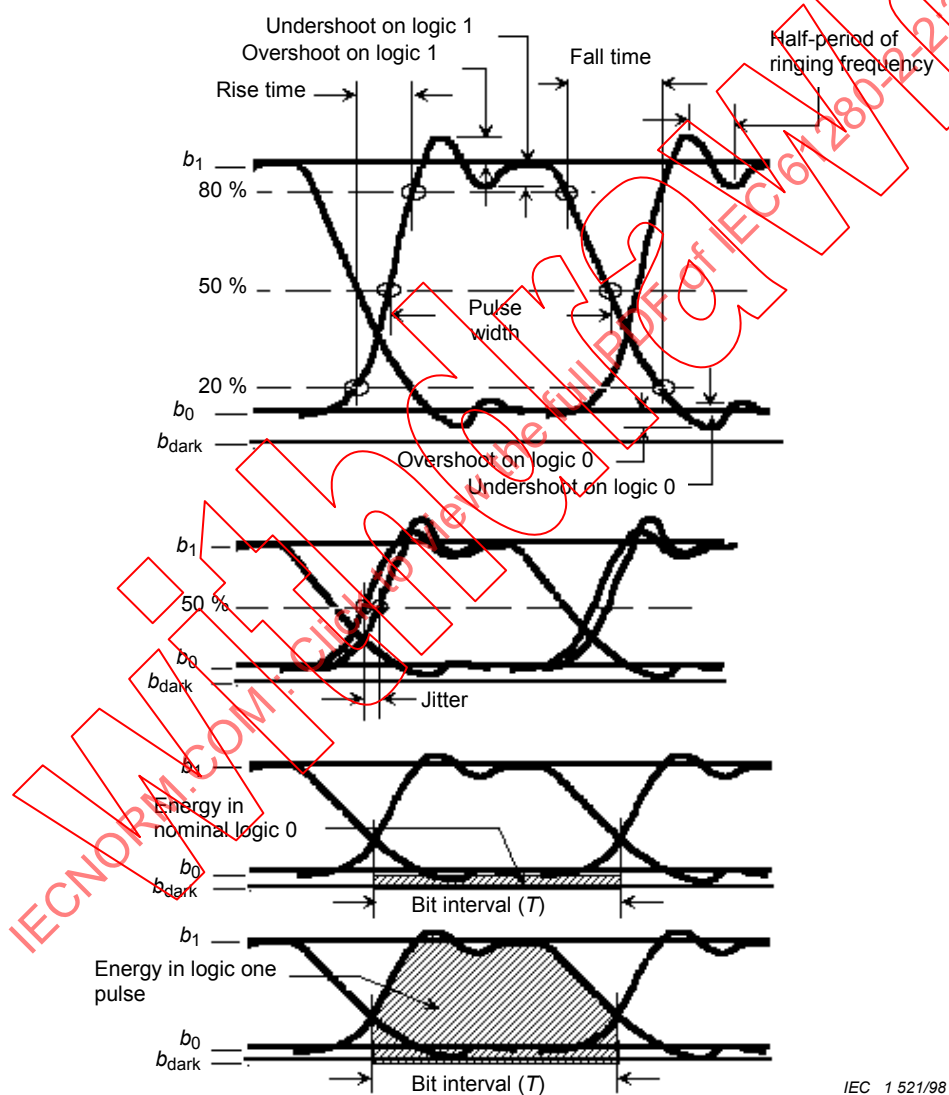
Figure 3a – Illustration des paramètres du diagramme de l'œil en NRZ

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 one to one 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 ringing frequency.



IEC 1521/98

Figure 3a – Illustration of NRZ eye pattern parameters

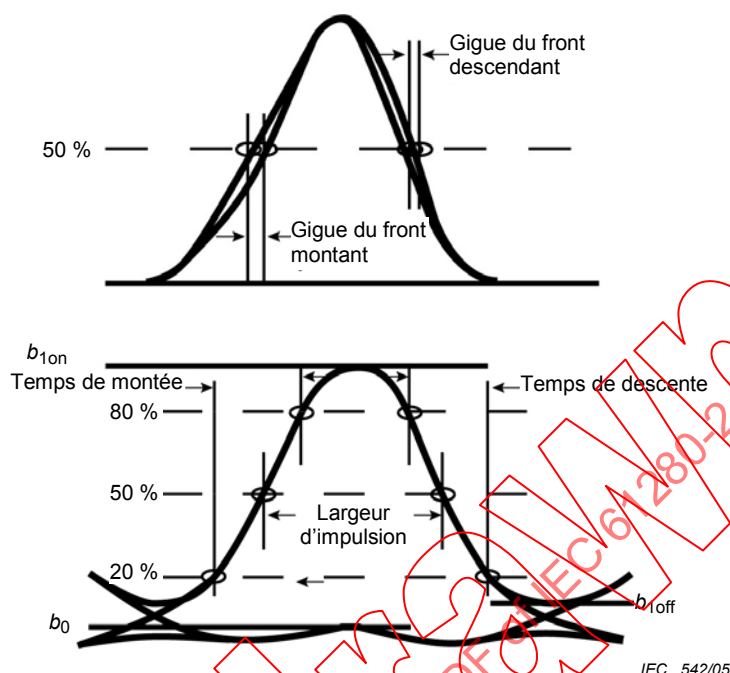


Figure 3b – Illustration des paramètres du diagramme de l'œil en RZ

Figure 3 – Illustration des paramètres du diagramme de l'œil en RZ

6.2 Méthode 2: Méthode de calcul 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

Beaucoup de 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 de trois polygones placés au-dessus, en dessous et à l'intérieur du diagramme de l'œil. Voir Figure 4. Les formes du masque sont typiquement définies par des normes spécifiques de télécommunications. L'alignement du masque 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 télécommunication, les niveaux d'amplitude 0 et 1 sont définis conformément à 6.1 comme respectivement b_0 et b_1 .

Les essais de masque sont typiquement réalisés en utilisant des oscilloscopes numériseurs. Les résultats sont dépendants de la taille de population de 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'onde exigé, plutôt que le

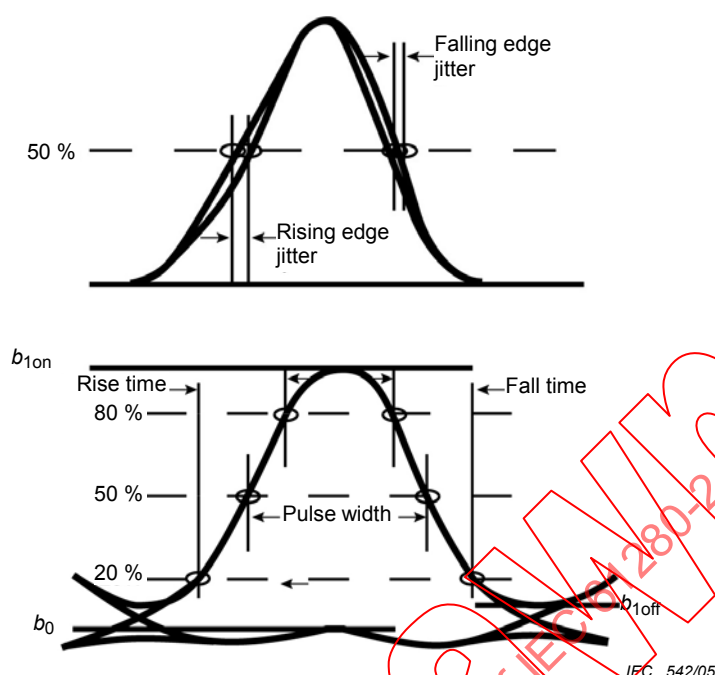


Figure 3b – Illustration of RZ eye-diagram parameters

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

6.2 Method 2: Extinction calculation 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

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 télécommunication. L'augmentation du nombre d'échantillons permet une évaluation plus précise du signal, mais la probabilité de défaillances de l'essai de masque augmente en raison d'éléments aléatoires dans le signal et de l'équipement de mesure, qui induit du bruit et de la gigue. Les valeurs typiques pour le nombre d'échantillons sont comprises entre 100 000 et 100 000 0.

La conformité de l'essai de masque peut être quantifiée davantage au travers de l'utilisation de marges de masque pour déterminer la capacité à atteindre la conformité. Une marge positive de masque est une expansion du masque nominal tandis qu'une marge négative est une contraction du masque nominal. Une marge de masque est généralement une expansion proportionnelle aux polygones de masque à l'intérieur du système général de coordonnées. Une expansion de 0 % représente la dimension nominale du masque, tandis qu'il convient qu'une expansion de 100 % du masque soit un masque qui a été étendu aux niveaux 0 et 1 du système générique de coordonnées. Il convient que les normes de télécommunication prennent en compte les mises en œuvre de marge spécifique pour des formes compliquées de masque lorsque le masque nominal est conçu. Des méthodologies particulières pour définir ces marges de masques sont au-delà du domaine d'application de ce document.

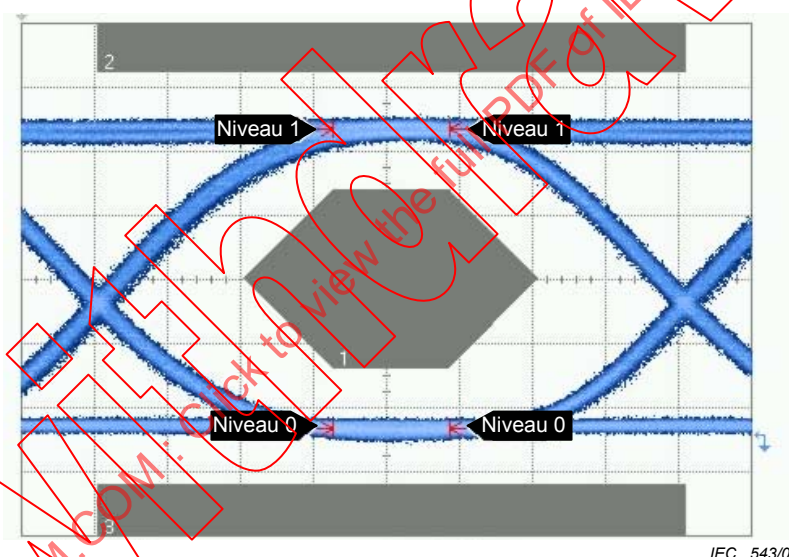


Figure 4 – Exemple de diagramme de l'œil mesuré avec un filtre passe-bas de 0,75/T

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. Detailed methodologies for defining these mask margins are beyond the scope of this document.

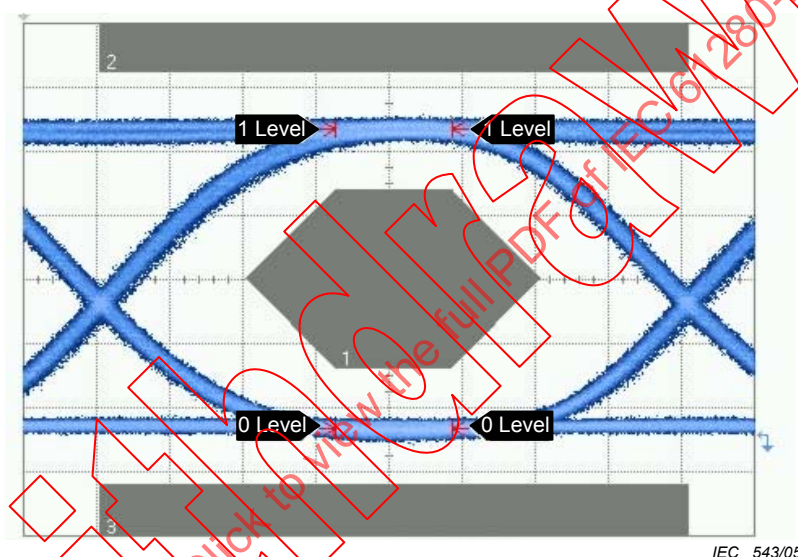


Figure 4 – Example of eye pattern measured with 0,75/T low-pass filter

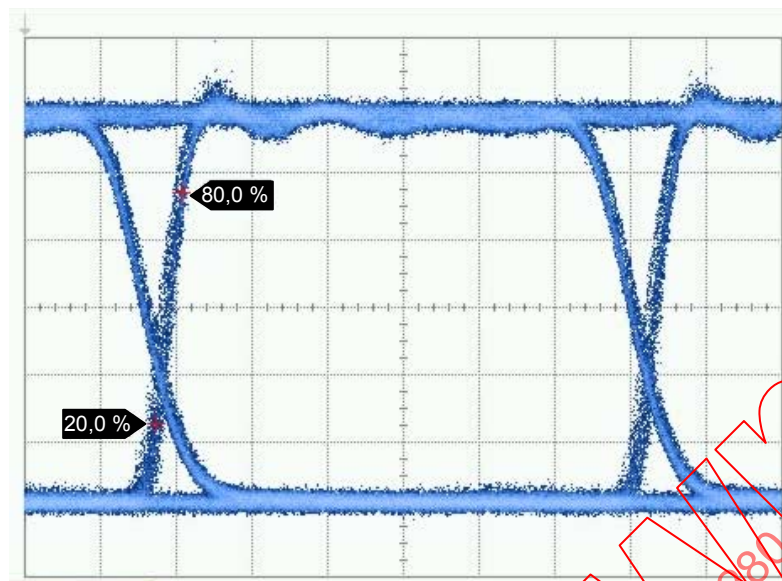


Figure 5 – Exemple de diagramme de l'œil mesuré avec un filtre passe-bas de 3,0/7

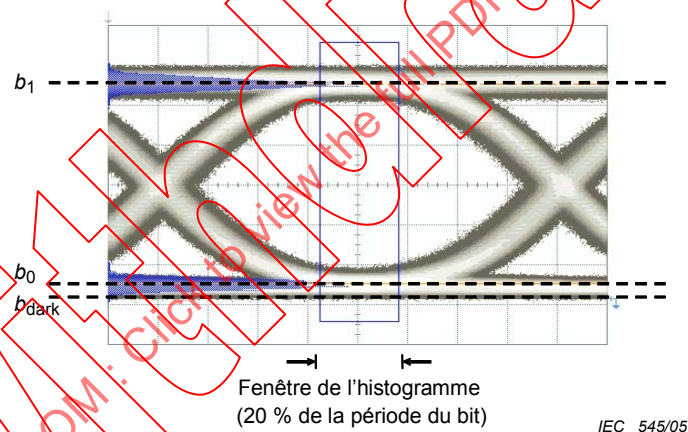


Figure 6 – Diagramme de l'œil avec des données d'un histogramme vertical collectées à partir de la fenêtre centrale à 20 %

7 Résultat d'essai

7.1 Informations exigées

Les informations exigées sont les suivantes:

- date, titre de l'essai et le numéro de la procédure d'essai;
- identification de l'échantillon (équipement terminal et identification des émetteurs) ;
- température et humidité au point de référence;
- résultats de l'essai.

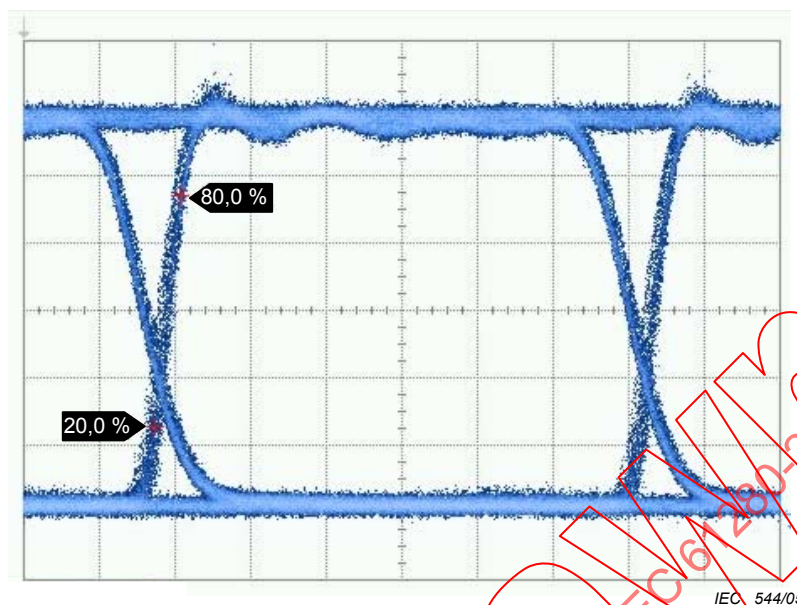


Figure 5 – Example of eye pattern measured with 3,0/7 low-pass filter

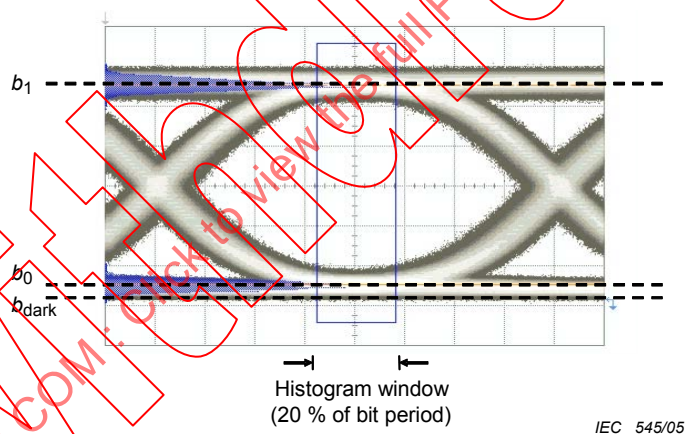


Figure 6 – Eye diagram with vertical histogram data collected from the central 20 % window

7 Test result

7.1 Required information

The required information is the following:

- 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 Informations disponibles

Les informations disponibles sont les suivantes:

- identification de l'équipement d'essai utilisé, estimation de l'incertitude de mesure et la date la plus récente de l'étalonnage de l'équipement d'essai;
- noms des personnes réalisant les essais.

7.3 Informations à mentionner dans la spécification

Les informations suivantes doivent être stipulées dans la spécification particulière:

- référence à cette procédure d'essai si elle est utilisée;
- critères d'acceptation ou de refus;
- autres exigences, si cela est applicable.

Tableau 2 – Paramètres typiques pour la mesure illustrée à la Figure 4

Signal optique	
Débit optique binaire	622 Mbit/s
Intervalle binaire (T)	1,61 ns
Code en ligne	non retour à zéro (NRZ)
Niveau de puissance d'entrée	-10 dBm
Longueur d'onde	1 548 nm
Système de mesure	
Sensibilité du convertisseur O/E	247 V/W
Largeur de bande du convertisseur O/E	3 GHz
Type de filtre	Bessel-Thomson au 4 ^e ordre.
Largeur de bande du filtre	467 MHz (0,75/T)
Largeur de bande de l'oscilloscope	20 GHz
Source de synchronisation	Horloge à partir de l'unité émettrice
Affichage	
Echelle horizontale	200 ps par division
Echelle verticale	35 µW par division
Persistance de l'affichage	10 s
Masque du diagramme de l'œil (polygones)	UIT-T G.957
Résultats mesurés	
Valeur de b_{dark}	-0,5 µW
Valeur de b_0	10,1 µW
Valeur de b_1	197,4 µW
Conformité du masque	vérifiée
Résultats calculés	
Rapport d'extinction	12,7 dB (peut aussi être indiqué comme 18,7 W/W)

7.2 Available information

The available information is the following:

- 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.

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)

Tableau 3 – Paramètres typiques pour la mesure illustrée à la Figure 5

Signal optique	
Débit optique binaire	622 Mbit/s
Intervalle binaire (T)	1,61 ns
Code en ligne	non retour à zéro (NRZ)
Niveau de puissance d'entrée	-3 dBm
Longueur d'onde	1 548 nm
Système de mesure	
Sensibilité du convertisseur O/E	35 V/W
Largeur de bande du convertisseur O/E	20 GHz
Type de filtre	Bessel-Thomson au 4 ^e ordre
Largeur de bande du filtre	1 866 MHz (3,0/ T)
Largeur de bande de l'oscilloscope	20 GHz
Source de synchronisation	Horloge à partir de l'unité émettrice
Affichage	
Echelle horizontale	250 ps par division
Echelle verticale	200 μ W par division
Persistance de l'affichage	10 s
Masque du diagramme de l'œil (polygones)	UIT-T G.957
Résultats mesurés et calculés	
Valeur de b_{dark}	-2,6 μ W
Valeur de b_0	23 μ W
Valeur de b_1	1,16 μ W
Rapport d'extinction	16,6 dB
Temps de montée	94 ps
Temps de descente	172 ps
Largeur d'impulsion	1,55 ns
Distorsion du cycle de fonctionnement	Approximativement 4 %
Gigue (au point de croisement)	8,6 ps
Impulsion de sur-oscillation de logique 1	Approximativement 6 %

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/ T)
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 %