

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61280-2-2

Première édition
First edition
1998-11

**Procédures d'essai de base des sous-systèmes
de télécommunication à fibres optiques –**

Partie 2-2:

**Procédures d'essai des systèmes numériques –
Mesure du diagramme oculaire, de la forme d'onde
et du taux d'extinction**

**Fibre optic communication subsystem basic test
procedures –**

Part 2-2:

**Test procedures for digital systems –
Optical eye pattern, waveform,
and extinction ratio**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61280-2-2:1998

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications 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.

Validité de la présente publication

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 la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (IEV).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

Validity of this publication

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 the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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 to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

61280-2-2

Première édition
First edition
1998-11

**Procédures d'essai de base des sous-systèmes
de télécommunication à fibres optiques –**

Partie 2-2:

**Procédures d'essai des systèmes numériques –
Mesure du diagramme oculaire, de la forme d'onde
et du taux d'extinction**

**Fibre optic communication subsystem basic test
procedures –**

Part 2-2:

**Test procedures for digital systems –
Optical eye pattern, waveform,
and extinction ratio**

© IEC 1998 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

T

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
1 Domaine d'application et objet.....	6
2 Référence normative	6
3 Appareillage.....	6
3.1 Système de détection optique temporel	6
3.2 Système de synchronisation de l'oscilloscope	14
3.3 Générateur de combinaison d'impulsions.....	14
3.4 Mesureur de puissance optique	14
3.5 Affaiblisseur optique.....	14
3.6 Câble de liaison	14
4 Echantillon d'essai	16
5 Procédure	16
5.1 Méthode 1: Mesure de forme d'onde de base.....	16
5.2 Méthode 2: Autre méthode de mesure d'extinction utilisant le fonction histogramme.....	18
5.3 Méthode 3: Autre méthode de mesure d'extinction utilisant le mesureur de puissance optique	20
6 Calculs.....	22
6.1 Méthode 1: Mesure de la forme d'onde de base.....	22
6.2 Méthode 2: Autre méthode de mesure d'extinction utilisant la fonction histogramme.....	26
6.3 Méthode 3: Autre méthode de mesure d'extinction utilisant le mesureur de puissance optique	26
7 Résultat d'essai.....	28
7.1 Informations requises.....	28
7.2 Informations disponibles.....	28
7.3 Informations concernant la spécification.....	28
Figure 1 – Configuration de mesure du diagramme oculaire, de la forme d'onde et du taux d'extinction.....	30
Figure 2 – Système de détection optique temporel.....	32
Figure 3 – Illustration des paramètres du diagramme oculaire	34
Figure 4 – Exemple de diagramme oculaire mesuré avec un filtre passe-bas 0,75/T	36
Figure 5 – Exemple de diagramme oculaire mesuré avec un filtre passe-bas 3,0/T.....	38
Figure 6 – Illustration d'un histogramme vertical de suite de mots.....	40
Figure A.1 – Système de synchronisation de l'oscilloscope.....	42
Annexe A (informative) Système de synchronisation de l'oscilloscope	42
Annexe B (informative) Bibliographie	48

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
Clause	
1 Scope and object	7
2 Normative reference.....	7
3 Apparatus	7
3.1 Time-domain optical detection system	7
3.2 Oscilloscope synchronization system.....	15
3.3 Pulse pattern generator.....	15
3.4 Optical power meter	15
3.5 Optical attenuator.....	15
3.6 Jumper cable	15
4 Test sample	17
5 Procedure	17
5.1 Method 1: Basic waveform measurement	17
5.2 Method 2: Alternative extinction measurement method using the histogram function.....	19
5.3 Method 3: Alternative extinction measurement method using the optical power meter	21
6 Calculation.....	23
6.1 Method 1: Basic waveform measurement.....	23
6.2 Method 2: Alternative extinction measurement method using the histogram function.....	27
6.3 Method 3: Alternative extinction measurement method using the optical power meter.....	27
7 Test result.....	29
7.1 Required information.....	29
7.2 Available information.....	29
7.3 Specification information	29
Figure 1 – Optical eye pattern, waveform and extinction ratio measurement configuration	31
Figure 2 – Time-domain optical detection system	33
Figure 3 – Illustration of eye pattern parameters.....	35
Figure 4 – Example of eye pattern measured with $0,75/T$ low-pass filter.....	37
Figure 5 – Example of eye pattern measured with $3,0/T$ low-pass filter	39
Figure 6 – Illustration of word pattern vertical domain histogram.....	41
Figure A.1 – Oscilloscope synchronization system	43
Annex A (informative) Oscilloscope synchronization system	43
Annex B (informative) Bibliography	49

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Partie 2-2: Procédures d'essai des systèmes numériques – Mesure du diagramme oculaire, de la forme d'onde et du taux d'extinction

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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. 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 documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 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. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86C/219/FDIS	86C/226RVD

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

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FIBRE OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM
BASIC TEST PROCEDURES –**
**Part 2-2: Test procedures for digital systems –
Optical eye pattern, waveform, and extinction ratio**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The 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.

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

FDIS	Report on voting
86C/219FDIS	86C/226/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.

Annexes A and B are for information only.

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

Partie 2-2: Procédures d'essai des systèmes numériques –

Mesure du diagramme oculaire, de la forme d'onde et du taux d'extinction

1 Domaine d'application et objet

L'objet de la présente partie de la CEI 61280 est de décrire une procédure d'essai pour mesurer le diagramme oculaire, les paramètres de forme d'onde tels que le temps de montée, le temps de descente, le dépassement et le taux d'extinction. La forme d'onde peut également être soumise à des essais de conformité à l'aide d'un masque de forme d'onde prédéterminé.

2 Référence normative

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 61280. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61280 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

UIT-T G.957:1995, *Interfaces optiques pour les équipements et les systèmes relatifs à la hiérarchie numérique synchrone*

3 Appareillage

Les principaux composants du système de mesure sont le photodétecteur, le filtre passe-bas, l'oscilloscope et le mesureur de puissance optique, comme il est indiqué à la figure 1.

3.1 Système de détection optique temporel

Le système de détection optique temporel présente l'intensité de la forme d'onde optique comme une fonction du temps. Le système de détection optique est principalement constitué d'un convertisseur optique/électrique (O/E), d'un filtre passe-bas en phase linéaire et d'un oscilloscope. Le système de détection est présenté à la figure 2. Des descriptions plus complètes du matériel sont données dans les paragraphes suivants.

3.1.1 Convertisseur optique/électrique (O/E):

Le convertisseur O/E type est une photodiode rapide, suivie d'une amplification électrique. Le convertisseur O/E est équipé d'un connecteur optique approprié permettant la connexion au point d'interface optique, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un câble de liaison optique.

Il faut que le convertisseur O/E (y compris toute amplification facultative suivant le convertisseur O/E) soit à même de reproduire la forme d'onde optique avec une fidélité suffisante pour assurer une mesure significative. Des spécifications précises sont exclues du fait de la large gamme d'applications possibles, mais des lignes directrices générales sont indiquées ci-après:

a) gamme de longueurs d'onde acceptable en entrée, adéquate pour l'application prévue;

FIBRE OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM BASIC TEST PROCEDURES –

Part 2-2: Test procedures for digital systems –

Optical eye pattern, waveform, and extinction ratio

1 Scope and object

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

2 Normative reference

The following normative document contains provisions, which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61280. At the time of publication, the edition indicated was valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 61280 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative document indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

ITU-T G.957:1995, *Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy*

3 Apparatus

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

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.

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) facteur de réflexion optique à l'entrée, suffisamment faible pour éviter une réflexion excessive en retour dans l'émetteur mesuré;

Prenons l'exemple d'un émetteur optique tolérant, d'après la spécification, un facteur de réflexion maximal de –24 dB. Si le facteur de réflexion d'entrée du convertisseur O/E est de –30 dB, le convertisseur peut être directement connecté à l'émetteur. Cependant, si le facteur de réflexion d'entrée du convertisseur O/E est de –14 dB, valeur commune, le facteur de réflexion effectif peut être ramené à –24 dB (ou moins) en insérant soit un isolateur optique, soit un affaiblisseur à faible facteur de réflexion, de 5 dB (ou plus), entre l'émetteur et le convertisseur O/E.

- c) sensibilité, adaptée pour produire un affichage lisible sur l'oscilloscope;

Prenons l'exemple de la mesure d'un flux de données optiques sans retour à zéro (NRZ) avec une puissance optique moyenne de –15 dBm. Si la sensibilité de l'oscilloscope est de 10 mV par division, une sensibilité de 790 V/W est nécessaire afin de produire un affichage de 50 mV crête à crête (c'est-à-dire, cinq divisions crête à crête).

- d) puissance optique équivalente de bruit, suffisamment faible pour permettre un affichage mesurable avec précision sur l'oscilloscope;

Prenons l'exemple de la mesure d'un flux de données optiques sans retour à zéro (NRZ) avec une puissance optique moyenne de –15 dBm. Si la largeur de bande de bruit effective du système de mesure est de 470 MHz, et si la valeur efficace du bruit affichée est inférieure à 5 % de la hauteur crête à crête du diagramme oculaire, il faut que la puissance optique équivalente de bruit soit de 145 pW Hz^{-1/2} ou moins.

- e) fréquence de coupure inférieure (–3 dB), 0 Hz;

Le couplage en courant continu est nécessaire pour deux raisons. Premièrement, les mesures du taux d'extinction ne peuvent pas être réalisées avec suffisamment de précision autrement. Deuxièmement, si l'on utilise un couplage en courant alternatif, les composantes spectrales de faible fréquence du signal mesuré (en dessous de la fréquence de coupure inférieure du convertisseur O/E) sont susceptibles de provoquer une distorsion significative par une modulation d'amplitude de la forme d'onde détectée.

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

Afin d'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 avant toute la largeur de bande effective du système.

- g) réponse transitoire, il convient que le dépassement positif, négatif et les autres anomalies de forme d'onde soient mineurs afin de ne pas gêner la mesure

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

- h) pertes par réflexion électriques de sortie, suffisamment importantes pour éliminer de manière adaptée les réflexions du filtre passe-bas suivant le convertisseur O/E, de 0 Hz à une fréquence nettement supérieure à la largeur de bande du filtre passe-bas;

Une mesure temporelle peut être très imprécise s'il existe des réflexions multiples significatives. De nombreux filtres passe-bas, passifs, à faibles pertes, outre le fait d'être réfléchissants dans la bande atténuée, présentent des réponses en fréquence fortement dépendantes des impédances de terminaison en entrée et en sortie. Une valeur minimale de 15 dB est recommandée pour les pertes par réflexion lorsque des filtres passe-bas passifs sont employés après le convertisseur O/E. Les pertes par réflexion effectives de sortie du convertisseur O/E peuvent être améliorées avec des affaiblisseurs électriques en ligne, aux dépens de niveaux de signal réduits. Finalement, la spécification des pertes par réflexion s'étend au courant continu; autrement, il survient un décalage en courant continu au niveau de la forme d'onde, ce qui provoque une erreur de mesure du taux d'extinction.

- b) input optical reflectance, low enough to avoid excessive back-reflection into the transmitter being measured;

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

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

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

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

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

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

DC coupling is necessary for two reasons. First, extinction ratio measurements cannot otherwise be performed 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.

- 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 Séparateur de signal résistif (facultatif)

S'il faut dériver le signal de déclenchement pour l'oscilloscope de la forme d'onde optique elle-même, il est nécessaire d'effectuer un prélèvement à un certain point du trajet du signal. Un séparateur de signal résistif (diviseur de puissance) à l'emplacement indiqué à la figure 2 fournit une branche à partir de laquelle il est possible de dériver le signal de déclenchement.

3.1.3 Filtre passe-bas en phase linéaire

Généralement, un des principaux objectifs de la mesure du diagramme oculaire consiste à vérifier certaines prescriptions de caractéristiques fonctionnelles telles que le temps de montée, le temps de descente, le dépassement, etc. Si la largeur de bande du système de mesure est beaucoup plus importante que nécessaire, des détails de haute fréquence (probablement non significatifs) relatifs à la forme d'onde tendent à embrouiller les mesures souhaitées. De même, étant donné que des montages de mesure différents présenteraient des largeurs de bande différentes, la reproductibilité entre les montages serait pratiquement impossible à obtenir.

Afin d'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. La largeur de bande du filtre passe-bas est déterminée par le type de mesure réalisée. Il convient d'indiquer explicitement la largeur de bande et les caractéristiques de la fonction de transfert du filtre passe-bas dans le document spécifiant les paramètres de forme d'onde optique.

Un type de mesure de diagramme oculaire simule effectivement le signal résultant à la sortie d'un récepteur optique à débit binaire spécifique. Ce type de récepteur, de façon typique, possède une largeur de bande quelque peu inférieure à la fréquence d'horloge. Pour ce type de mesure, une largeur de bande de filtre passe-bas -3 dB de $0,75/T$ (où T est l'intervalle binaire, en secondes, du signal d'information) est souvent utilisée. Le diagramme oculaire résultant est comparé à un «masque» afin de vérifier qu'il est conforme à la spécification.

Un type de mesure de diagramme oculaire différent implique la mesure du temps de montée, du temps de descente, de la largeur d'impulsion et d'autres paramètres temporels d'une unité d'émission optique. Pour ce type de mesure, il faut que la largeur de bande du système soit supérieure à celle décrite ci-dessus. Il est nécessaire que la largeur de bande de -3 dB du filtre passe-bas dans ce cas soit suffisamment grande pour permettre la vérification des temps de montée et de descente maximaux (par exemple, un tiers d'un intervalle binaire), mais suffisamment réduite pour éliminer des détails peu importants relatifs à la forme d'onde à haute fréquence. Une largeur de bande de filtre passe-bas de $3,0/T$ est une valeur de compromis typique pour ce type de mesure.

Quel que soit le type de mesure de diagramme oculaire, il convient que le filtre ait une réponse en phase linéaire pour des fréquences atteignant et dépassant quelque peu la largeur de bande de -3 dB du filtre. Si la réponse en phase est linéaire (impliquant ainsi un retard de groupe constant) jusqu'à des fréquences de fort affaiblissement, il convient que de faibles variations au niveau des largeurs de bande de filtre n'influencent pas les mesures de forme d'onde de façon significative (voir le tableau 1).

Exemple de spécifications de filtre passe-bas pour un filtre de $0,75/T$:

- impédance caractéristique: valeur nominale 50Ω ;
- largeur de bande -3 dB: $0,75/T$, Hz;
- type de filtre: Bessel-Thomson du quatrième ordre.

3.1.2 Resistive signal splitter (optional)

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

3.1.3 Linear-phase low-pass filter

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

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

One type of eye pattern measurement effectively simulates the signal that would result at the output of a bit-rate-specific optical receiver. 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.

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. A low-pass filter bandwidth of $3,0/T$ is a typical compromise value for this type of measurement.

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:

- characteristic impedance: 50Ω nominal;
- -3 dB bandwidth: $0,75/T$, Hz;
- filter type: fourth-order Bessel-Thomson.

Tableau 1 – Caractéristiques de réponse en fréquence

Fréquence divisée par le 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	0,002T
0,75	3,0	0,3	0,008T
0,90	4,5	0,3	0,025T
1,00	5,7	0,3	0,044T
1,05	6,4	0,39	0,055T
1,20	8,5	0,64	0,100T
1,35	10,9	0,90	0,140T
1,50	13,4	1,15	0,190T
2,00	21,5	2,0	0,300T

3.1.4 Oscilloscope

Il convient que l'oscilloscope affichant le diagramme oculaire présente une largeur de bande amplement supérieure à la largeur de bande du filtre passe-bas, de manière que l'oscilloscope ne constitue pas l'élément de limitation de largeur de bande dans le système de mesure. L'oscilloscope est déclenché soit à partir d'un signal d'horloge local synchrone avec le diagramme oculaire, soit à partir d'un signal de synchronisation dérivé de la forme d'onde optique elle-même.

Les figures 4 et 5 illustrent les largeurs de bande d'oscilloscope couramment utilisées pour les mesures de diagramme oculaire.

L'oscilloscope doit posséder une fonction histogramme de la partie verticale pour la mesure du taux d'extinction.

3.1.5 Réponse globale du système

La mesure du diagramme oculaire est manifestement une mesure temporelle, et il est nécessaire qu'elle représente de façon précise la forme d'onde optique. Il convient de la réaliser sans introduire de dépassement, de suroscillation indésirables ou d'autres anomalies de forme d'onde. Alors qu'il est plus pratique de spécifier les composantes individuelles du système de mesure dans le domaine fréquentiel, le système final assemblé est également susceptible de devoir respecter certaines limites de caractéristiques fonctionnelles dans le domaine temporel.

Même un filtre Bessel-Thomson idéal du quatrième ordre présente un dépassement d'environ 1 %, et un temps de montée (10 % à 90 %) d'environ $0,35/B$, B représentant la largeur de bande en hertz. De ce fait, il se peut que le système de mesure global soit tenu de présenter des caractéristiques fonctionnelles similaires aux caractéristiques suivantes:

- 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;
- dépassement positif, négatif : 5 % maximum.