

RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT

CEI
IEC

TR 62285

Deuxième édition
Second edition
2005-05

**Guide d'application pour les méthodes de mesure
du coefficient de non-linéarité**

**Application guide for non-linear coefficient
measuring methods**

© 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 Varembe, 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

S

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	4
1 Domaine d'application et objet.....	8
2 Références normatives.....	10
3 Appareillage.....	10
3.1 Source de lumière.....	10
3.2 Dispositifs optiques d'entrée.....	10
3.3 Positionneur d'entrée.....	10
3.4 Extracteur de modes de gaine.....	10
3.5 Positionneur de sortie.....	12
3.6 Dispositif optique de sortie.....	12
3.7 Ordinateur.....	12
4 Echantillons et éprouvettes.....	12
5 Procédure.....	12
6 Calculs d'interprétation des résultats.....	14
7 Documentation.....	14
7.1 Informations à fournir pour chaque mesure.....	14
7.2 Informations disponibles sur demande.....	16
Annexe A (normative) Méthode de fréquence double à onde continue.....	18
Annexe B (normative) Méthode par impulsion à fréquence unique (PM).....	30
Annexe C (informative) Liste des acronymes et des symboles.....	38
Annexe D (informative) Guide Pour Le Choix de la Longueur, de la Puissance et de la Différence de Longueur d'Onde de Test de la Fibre lorsqu'on utilise la Méthode A.....	40
Bibliographie.....	42
Figure A.1 – Caractéristiques spectrales de sortie.....	18
Figure A.2 – Appareillage pour la méthode A.....	20
Figure A.3 – Relation du rapport phase à intensité.....	26
Figure A.4 – Relation de la phase à la puissance.....	28
Figure B.1 – Montage d'essai pour la méthode B.....	30
Figure B.2 – Spectres de sortie.....	32
Figure B.3 – Phase par rapport à la puissance d'entrée de pic pour la méthode B.....	36
Tableau D.1 – Caractéristiques des fibres pour la méthode A (valeurs représentatives).....	40

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope and object.....	9
2 Normative references	11
3 Apparatus	11
3.1 Light source	11
3.2 Input optics	11
3.3 Input positioner.....	11
3.4 Cladding mode stripper.....	11
3.5 Output positioner.....	13
3.6 Output optics.....	13
3.7 Computer	13
4 Samples and specimens	13
5 Procedure	13
6 Calculations of interpretation of results	15
7 Documentation	15
7.1 Information to be provided with each measurement	15
7.2 Information available upon request.....	17
Annex A (normative) Continuous wave dual-frequency method	19
Annex B (normative) Pulsed single-frequency method (PM)	31
Annex C (informative) List of acronyms and symbols	39
Annex D (informative) Guidance on the selection of fibre test length, power and difference in optical wavelength when using method A.....	41
Bibliography	43
Figure A.1 – Output spectral characteristics	19
Figure A.2 – Apparatus for method A.....	21
Figure A.3 – Relationship of phase to intensity ratio	27
Figure A.4 – Relationship of phase to power.....	29
Figure B.1 – Test set-up for method B	31
Figure B.2 – Output spectra	33
Figure B.3 – Phase vs. peak input power for method B	37
Table D.1 – Fibre characteristics for method A (representative values)	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE D'APPLICATION POUR LES MÉTHODES DE MESURE DU COEFFICIENT DE NON-LINÉARITÉ

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est d'établir des Normes Internationales. Cependant, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a rassemblé des données d'un genre différent de celui qui est normalement publié en tant que norme internationale, par exemple la "règle de l'art".

La CEI 62285, qui est un rapport technique, a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2002. Cette édition constitue une révision technique. Dans cette édition, une nouvelle annexe a été ajoutée (l'Annexe D, *Lignes directrices pour le choix de la longueur, de la puissance et de la différence de longueur d'onde de test de la fibre avec la méthode A*), afin de définir de façon plus précise les conditions des essais.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**APPLICATION GUIDE FOR NON-LINEAR COEFFICIENT
MEASURING METHODS**

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.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

IEC 62285, which is a technical report, has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2002. It constitutes a technical revision. In this edition, a new annex has been added (Annex D, "Guidance on the selection of fibre test length, power and difference in optical wavelength when using method A") to better define the test conditions.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
86A/909/CDV	86A/922/RVC

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

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

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.

The text of this technical report is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
86A/909/CDV	86A/922/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical report 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.

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.

GUIDE D'APPLICATION POUR LES MÉTHODES DE MESURE DU COEFFICIENT DE NON-LINÉARITÉ

1 Domaine d'application

Le présent rapport technique fournit un guide d'application pour des mesures uniformes du coefficient de non-linéarité des fibres unimodales (voir la CEI 60793-2-50) dans la région de 1 550 nm.

Le coefficient de non-linéarité (nLc) est le rapport de l'indice de réfraction non linéaire de Kerr, n_2 , à l'aire efficace, A_{eff} , (voir CEI/TR 62284) tel que:

$$nLc = \frac{n_2}{A_{\text{eff}}} \quad (1)$$

Le coefficient de non-linéarité est un paramètre combiné lié aux effets de distorsions optiques non linéaires suivants:

- la modulation de phase autonome (SPM);
- la modulation de phase croisée (XPM);
- le mélange de quatre ondes (FWM).

D'autres attributs de fibres, tels que la dispersion chromatique et la dispersion de mode de polarisation, influencent également la transmission.

Deux méthodes sont fournies, des précisions spécifiques à chacune d'elles étant données dans les annexes normatives. Il s'agit des méthodes suivantes:

- Méthode A Fréquence double à onde continue;
- Méthode B Fréquence simple à impulsions.

Ces deux méthodes requièrent l'injection de puissances très élevées (5 dBm ou plus) dans la fibre, la mesure de cette puissance (absolue) et la mesure du spectre de sortie (qui est modifiée par des effets de non-linéarités). Les deux méthodes utilisent des calculs qui combinent les résultats de ces mesures avec ceux d'autres mesures, telles que la mesure de l'affaiblissement (voir CEI 60793-1-40) et la mesure de la dispersion chromatique (voir CEI 60793-1-42). Les deux méthodes ont des limites quant à la longueur de fibre qui peut être mesurée – en relation avec la dispersion chromatique à la longueur d'onde mesurée.

La méthode A [1]¹⁾ requiert l'injection de lumière à deux longueurs d'onde dans la fibre. La lumière des deux longueurs d'onde est constante à des niveaux divers de puissance. Aux puissances supérieures, les lumières effectuent un battement du fait de l'effet de non-linéarité, et produisent un spectre de sortie qui est étalé. La relation du niveau de puissance à une métrique particulière d'étalement de spectre est utilisée pour calculer le coefficient de non-linéarité.

La méthode B [2], [3] requiert l'injection d'impulsions de lumière à une longueur d'onde unique. Il convient que les impulsions aient une durée très inférieure à 1 ns et que la puissance de pic d'entrée de ces impulsions soit mesurée et liée à l'étalement de non-linéarité du spectre de sortie.

1) Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

APPLICATION GUIDE FOR NON-LINEAR COEFFICIENT MEASURING METHODS

1 Scope

This technical report provides guidance for uniform measurements of the non-linear coefficient of single-mode fibres (see IEC 60793-2-50) in the 1 550 nm region.

The non-linear coefficient (nLc) is the ratio of the Kerr non-linear refractive index, n_2 , to effective area, A_{eff} (see IEC/TR 62284) as:

$$nLc = \frac{n_2}{A_{\text{eff}}} \quad (1)$$

The non-linear coefficient is related to the following non-linear optical distortion effects as a combined parameter:

- self-phase modulation (SPM);
- cross-phase modulation (XPM);
- four-wave mixing (FWM).

Other fibre attributes, such as chromatic dispersion and polarisation mode dispersion, also influence the transmission.

Two methods are given, with details specific to each in normative annexes. They are:

- Method A Continuous-wave dual-frequency;
- Method B Pulsed single-frequency.

Both methods require injecting very high powers (5 dBm or more) into the fibre, measurement of this power (absolute) and measurement of the output spectrum (which is modified by non-linear effects). Both methods use calculations that combine these measured results with those derived from other measurements such as attenuation (see IEC 60793-1-40) and chromatic dispersion (see IEC 60793-1-42). Both methods have limitations on the length of fibre that can be measured – in relationship with the chromatic dispersion at the wavelength being measured.

Method A [1]¹⁾ requires injecting the light of two wavelengths into the fibre. The light of both wavelengths is constant at various power levels. At higher power, the lights beat due to the non-linear effect and produce an output spectrum that is spread. The relationship of the power level to a particular metric of spectrum spreading is used to calculate the non-linear coefficient.

Method B [2], [3] requires injecting pulsed light at a single wavelength. The pulses should be of duration substantially less than 1 ns and the input peak power of these pulses should be measured and related to the non-linear spreading of the output spectrum.

¹⁾ Figures in square brackets refer to the bibliography.

Des mesures du coefficient de non-linéarité sont utilisées pour caractériser les conceptions de fibres unimodales spécifiques pour les besoins de la conception du système par rapport aux niveaux de puissance et aux effets de distorsion ou de bruit provenant du comportement optique non linéaire.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60793-1-1, *Fibres optiques – Partie 1-1: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Généralités et guide*

CEI 60793-1-40, *Fibres optiques – Partie 1-40: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Affaiblissement*

CEI 60793-1-42, *Fibres optiques – Partie 1-42: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Dispersion chromatique*

CEI 60793-2-50, *Fibres optiques – Partie 2-50: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres unimodales de classe B*

CEI 61315, *Etalonnage des radiomètres pour sources fibrées*

Measurements of the non-linear coefficient are used to characterise specific single-mode fibre designs for the purpose of system design relative to power levels and distortion or noise effects derived from the non-linear optical behaviour.

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.

IEC 60793-1-1, *Optical fibres – Part 1-1: Measurement methods and test procedures – General and guidance*

IEC 60793-1-40, *Optical fibres – Part 1-40: Measurement methods and test procedures – Attenuation*

IEC 60793-1-42, *Optical fibres – Part 1-42: Measurement methods and test procedures – Chromatic dispersion*

IEC 60793-2-50, *Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B single-mode fibres*

IEC 61315, *Calibration of fibre optic power meters*