

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Optical fibres –

Part 1-60: Measurement methods and test procedures – Beat length

Fibres optiques –

Partie 1-60: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Longueur de battement



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Optical fibres –

Part 1-60: Measurement methods and test procedures – Beat length

Fibres optiques –

Partie 1-60: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Longueur de battement

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.180.10

ISBN 978-2-8322-9363-8

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD	3
1 Scope	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Testing conditions	6
5 Reference test method	6
6 Specimen	6
7 Test methods.....	6
7.1 Phase beat length measurement methods.....	6
7.1.1 General	6
7.1.2 Monitoring of output power using an electromagnet	6
7.1.3 Monitoring of SOP using a lateral force.....	9
7.2 Group beat length measurement method.....	11
7.2.1 General	11
7.2.2 Apparatus and procedure.....	12
7.2.3 Calculation	12
8 Results	12
8.1 Information available with each measurement.....	12
8.2 Information available upon request	13
Annex A (informative) Difference of beat lengths by measurement method (phase beat length and group beat length)	14
A.1 Phase modal birefringence and phase beat length	14
A.2 Group modal birefringence and group beat length	14
Annex B (informative) Correlation between results obtained by the two methods (phase beat length and group beat length).....	17
B.1 General.....	17
B.2 Example of correlation between phase and group beat lengths in the case of PANDA fibres.....	17
B.3 Example of correlation between phase and group beat lengths in the case of elliptical core fibres	18
Annex C (informative) Electromagnet for Faraday rotation	19
Bibliography	20
Figure 1 – Apparatus of phase beat length measurement using an electromagnet	7
Figure 2 – Example of measurement profile by electromagnet	9
Figure 3 – Set-up for measuring $L_{B(\text{phase})}$ when monitoring SOP together with a moving lateral force	9
Figure 4 – SOP measured at different levels of lateral force.....	11
Figure 5 – Example of SOP evolution and normalized Stokes vector components	11
Figure B.1 – Wavelength dependence of $B_{\text{group}}/B_{\text{phase}}$ [3]	17
Figure C.1 – Schematic of the electromagnet.....	19
Table B.1 – $B_{\text{group}}/B_{\text{phase}}$ of elliptical core fibres.....	18

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRES –

**Part 1-60: Measurement methods and test procedures –
Beat length**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60793-1-60 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

The text of this International Standard is based on the following documents:

CDV	Report on voting
86A/1737/CDV	86A/1782/RVC

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

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

A list of all parts in the IEC 60793 series, published under the general title *Optical fibres*, can be found on the IEC website.

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-60:2017

OPTICAL FIBRES –

Part 1-60: Measurement methods and test procedures – Beat length

1 Scope

This part of IEC 60793 defines test methods for both the phase beat length, and the group beat length. These two parameters are defined differently, and will give different results depending on the type of polarization-maintaining (PM) fibre.

The phase beat length is the relevant parameter for the fibres ability to maintain a high extinction ratio. This is described in more details in Annexes A and B.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

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

IEC 60793-1-48, *Optical fibres – Part 1-48: Measurement methods and test procedures – Polarization mode dispersion*

IEC 60793-2-70¹, *Optical fibres – Part 2-70: Product specifications – Sectional specifications for polarization-maintaining fibres*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60793-1-1 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1 phase beat length

$L_{B(\text{phase})}$

distance over which two orthogonal polarization modes are delayed by one cycle (2π)

¹ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC CCDV 60793-2-70:2017.

3.2 group beat length

$L_{B(\text{group})}$

distance over which the group delay difference is one cycle (2π)

Note 1 to entry A group delay is based on group refractive index.

4 Testing conditions

Unless otherwise specified, the test shall be conducted under the standard conditions specified in IEC 60068-1. However, when it is difficult to make measurements in the standard conditions, the test may be conducted in conditions other than the standard conditions provided that no doubts will arise about judgments.

5 Reference test method

Since the phase beat length is the parameter specified in the product specification, IEC 60793-2-70, both phase beat length test methods described in 7.1 are defined as the reference test method (RTM). Test method for group beat length described in 7.2 can be used as an alternative test method (ATM) when the correlation between phase and group beat lengths is confirmed in advance (as shown in Annex B).

6 Specimen

A specimen length should be the minimum necessary to set up the test apparatus. If the specimen is extra long, take care that no stresses will be induced in the specimen.

7 Test methods

7.1 Phase beat length measurement methods

7.1.1 General

The phase beat length measurement method is based on applying a point-like perturbation along a short length of the fibre under test, and either monitor the changes in output power, or monitor changes in output state of polarization (SOP) at one wavelength versus travel distance.

The perturbation can either be a lateral force or an electromagnet.

In this document, the test methods where output power is monitored using an electromagnet, and where SOP is monitored using a lateral force, are both described.

7.1.2 Monitoring of output power using an electromagnet

7.1.2.1 Apparatus

7.1.2.1.1 General apparatus

See Figure 1 for a diagram of the test set-up.

An electromagnet is moved along the optical fibre longitudinal axis for Faraday rotation.

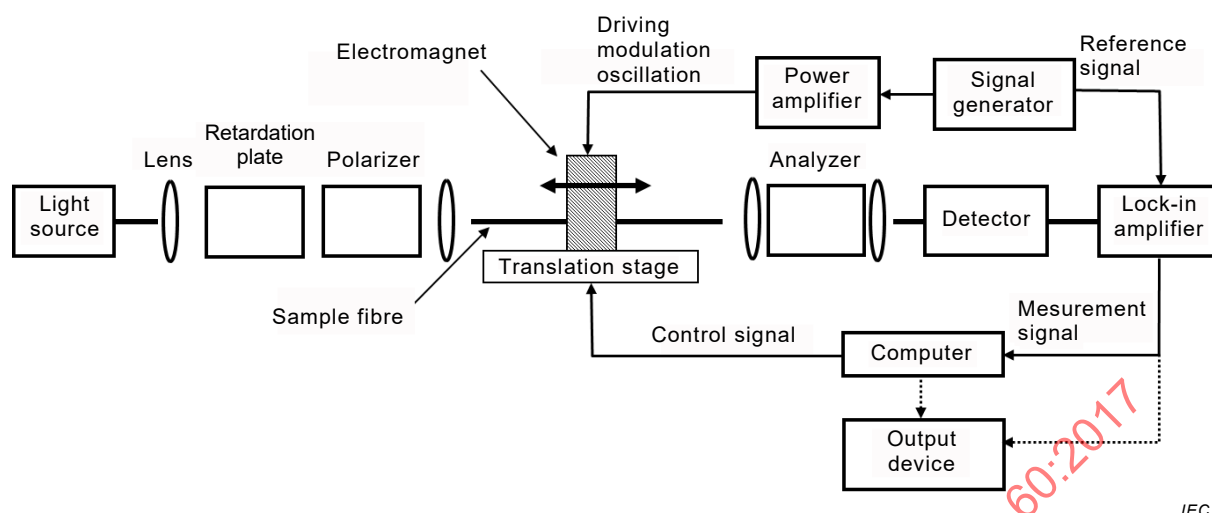


Figure 1 – Apparatus of phase beat length measurement using an electromagnet

7.1.2.1.2 Light source

A light source which has a narrow spectrum line-width such as a DFB laser shall be used.

7.1.2.1.3 Retardation plate

A retardation plate ($\lambda/4$ retarder) shall be provided to enable the input of certain level of optical power into the fibre even when the polarizer is rotated. The retardation plate converts the polarization of incident light from linear polarization into circular polarization.

7.1.2.1.4 Polarizer and analyser

A polarizer and an analyser shall be capable of outputting linearly polarized light having a certain direction of electric field vector when they have received light in a state of polarization.

7.1.2.1.5 Detector

A detector to be used shall have a light receiving area that can detect all the optical power emitted from the output end of the optical fibre.

7.1.2.1.6 Electromagnet for Faraday rotation

An electromagnet for Faraday rotation rotates the polarization of the light in a fibre by applying an electromagnetical field along the fibre longitudinal axis. The polarization rotation shall be modulated by an electrical signal from outside to improve measurement sensitivity. The interaction length should be smaller than the specified beat length (for example, around 1 mm) enough for detecting the beat length with appropriate accuracy. The applied electromagnetical field should be large enough for detecting the beat length with appropriate accuracy. Annex C describes the examples of electromagnet equipment for Faraday rotation.

7.1.2.1.7 Translation stage

A translation stage shall be able to move the electromagnet along the fibre longitudinal axis. The translation stage shall have the moving range and pitch which are sufficient to measuring the beat length of the sample fibre.

7.1.2.1.8 Lock-in amplifier

A lock-in amplifier shall be used to improve measurement sensitivity. The lock-in amplifier shall have response time enough to respond to the modulation speed of the electromagnet.

7.1.2.1.9 Signal generator

A signal generator provides modulated signal to the lock-in amplifier and the electromagnet.

7.1.2.1.10 Power amplifier

A power amplifier may be used as necessary. The power amplifier shall provide enough power for the electromagnet.

7.1.2.1.11 Computer

A computer should control the pulse stage and process the output signal from the lock-in amplifier.

7.1.2.1.12 Output device

An output device is used to output a measurement profile processed by the computer. The output device may directly output the signal level of the lock-in amplifier by such as a plotter.

7.1.2.2 Procedure

7.1.2.2.1 Preparation and adjustment

Prepare a V-groove or bare fibre adapter to connect the sample fibre under test to the polarizer and analyser. Remove the primary coating from both ends of the fibre under test, and cleave the ends into mirror surfaces perpendicular to the axis of the fibre. Connect one end of the fibre to the polarizer, either the V-groove or the bare fibre adapter. Connect the other end of the fibre to the analyser, and connect the analyser with the detector, so that all the input light can be received.

Rotate the polarizer and analyser to minimize the optical output power through the analyser. Next, adjust the analyser to maximize the output voltage of the lock-in amplifier.

7.1.2.2.2 Measurement

Move the electromagnet by driving the pulse stage. Memorize a relationship between the electromagnet travel distance Z and the lock-in amplifier output V . The relationship as shown in Figure 2 can be obtained. Measure N times of the travel distances, ΔZ_i which is a half period of the sequence of V .

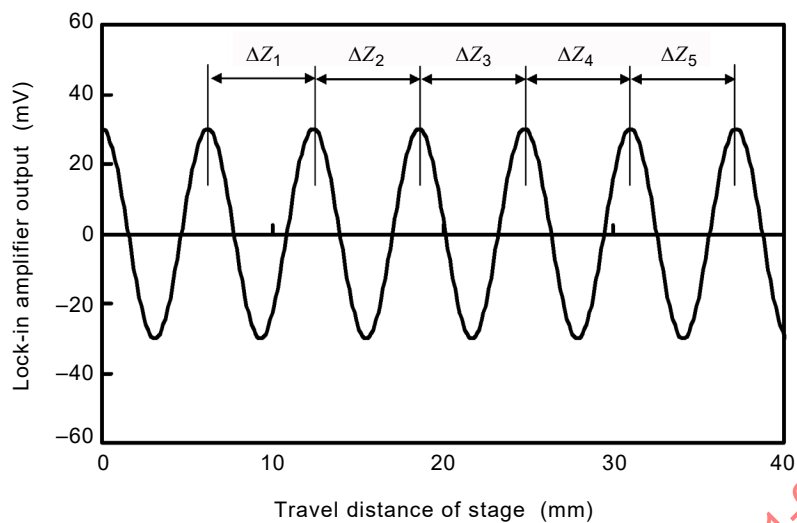


Figure 2 – Example of measurement profile by electromagnet

7.1.2.3 Calculation

The phase beat length $L_{B(\text{phase})}$ is given by:

$$L_{B(\text{phase})} = \frac{2 \sum_{i=1}^N \Delta Z_i}{N} \quad (1)$$

where

$L_{B(\text{phase})}$ is the phase beat length;

ΔZ_i is the travel distance of the stage where the lock-in amplifier output changes by the half period;

N is the number of the half period.

7.1.3 Monitoring of SOP using a lateral force

7.1.3.1 Apparatus

7.1.3.1.1 General apparatus

See Figure 3 for a diagram of the test set-up.

By applying a lateral force at a point that moves along the fibre axis and simultaneously measure the SOP, the $L_{B(\text{phase})}$ can be obtained.

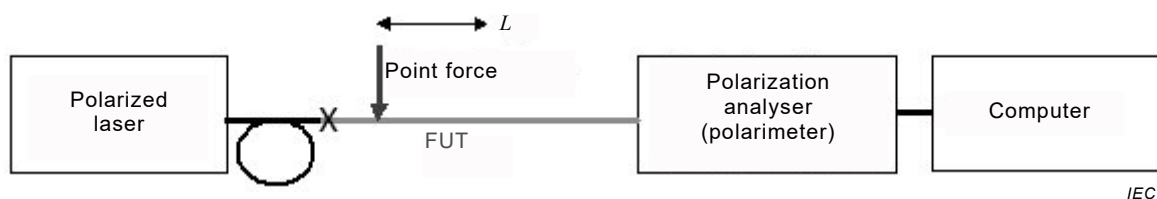


Figure 3 – Set-up for measuring $L_{B(\text{phase})}$ when monitoring SOP together with a moving lateral force

7.1.3.1.2 Light source

A polarized laser source with a narrow spectrum line-width, such as a distributed feedback laser (DFB) shall be used.

7.1.3.1.3 Polarization analyser

Any commercial available polarization analyser (polarimeter) can be used.

7.1.3.1.4 Translation stage

A translation stage shall be able to move the lateral force along the fibre longitudinal axis. The translation stage shall have the sufficient moving range to measure the beat length of the sample fibre. It is recommended to have a range long enough to ensure five to ten periods in order to average the result.

The length of interaction between the lateral force and the sample fibre should be significantly smaller than the specified beat length (e.g. $1/10$).

7.1.3.1.5 Computer

A computer should be used to combine the SOP data and the displacement data.

7.1.3.2 Procedure

7.1.3.2.1 Preparation and adjustment

The fibre sample shall be placed straight on a flat and smooth surface. It is important to avoid any twisting of the fibre sample.

Since a specific input SOP is not needed (or needs to be known) [1]², the input end of the fibre sample can be spliced to any type of pigtail fibre connected to the light source.

The output end of the sample fibre can be connected directly to the polarization analyser by using for example a bare fibre adapter.

7.1.3.2.2 Measurement

Move the lateral force to one end of the fibre sample and lower it onto the fibre sample.

Then move the lateral force slowly along the length of the fibre sample.

Observe the SOP on the polarization analyser. One full circle corresponds to one period.

The diameter of the circle showed on the Poincaré sphere gets larger for increasing lateral force (see Figure 4 below).

² Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

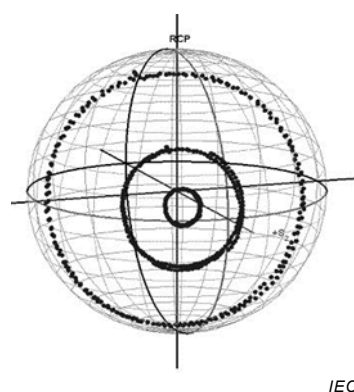


Figure 4 – SOP measured at different levels of lateral force

7.1.3.3 Calculation

The phase beat length is obtained from the periodic variation of the SOP. Examples of SOP evolution on the Poincaré sphere (left) and the three normalized Stokes vector components as function of displacement length from which the L_B (phase) is determined (right) are shown in Figure 5.

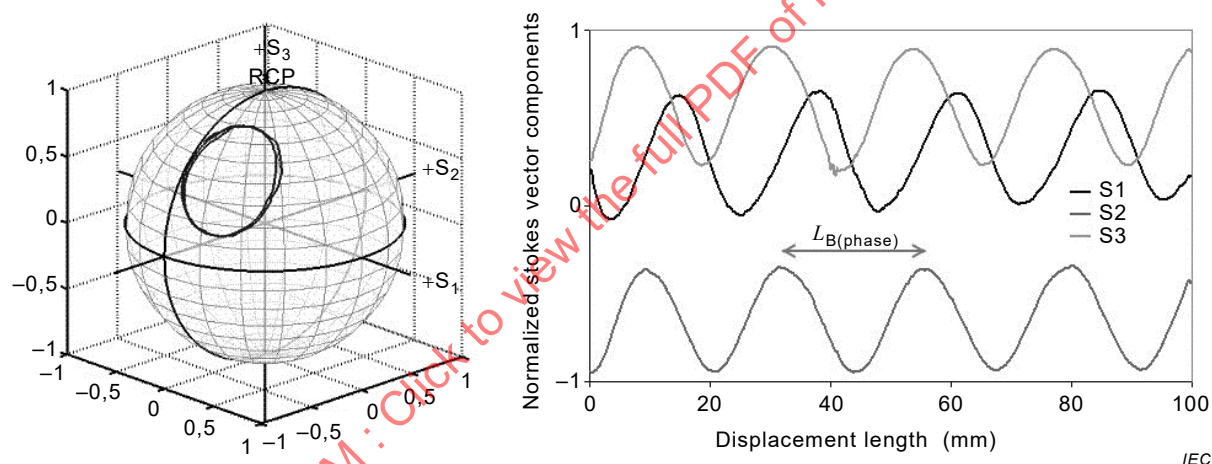


Figure 5 – Example of SOP evolution and normalized Stokes vector components

7.2 Group beat length measurement method

7.2.1 General

In principle, polarization mode dispersion is measured with the group beat length measurement method. A modal birefringence and a beat length are measured by this method, which are defined on the basis of a differential group refractive index, and are different from a modal birefringence and a beat length measured by the methods in 7.1. See Annex A.

As shown in Annex B, there is a correlation between results obtained by the methods in 7.1 and 7.2 in some types of polarization maintaining fibre. If the correlation between both methods is confirmed in advance (as shown in Annex B), the measurement method in 7.2 can be used as an alternative easy-to-use measurement method (ATM), instead of 7.1 (RTM) for phase beat length measurement, with an appropriate correlation factor.

7.2.2 Apparatus and procedure

In the group beat length measurement method, differential group delay (DGD) or group modal birefringence is utilized for calculation of beat length. It should be measured by a method of polarization mode dispersion measurement (i.e. fixed analyser or wavelength scanning, Stokes parameter evaluation, Interferometry). Information pertaining to each individual method appears in IEC 60793-1-48.

7.2.3 Calculation

A group beat length can be calculated from results in method of IEC 60793-1-48.

The group beat length $L_{B(\text{group})}$ is given by:

$$L_{B(\text{group})} = \frac{\lambda}{B_{\text{group}}} \quad (2)$$

where

$L_{B(\text{group})}$ is the group beat length;

B_{group} is the group modal birefringence in 7.2;

λ is the wavelength.

The group modal birefringence B_{group} is given by:

$$B_{\text{group}} = \frac{c}{L} \cdot \Delta\tau \quad (3)$$

where

c is the velocity of light in vacuum [m/s];

L is the fibre length [m];

$\Delta\tau$ is the differential group delay (DGD) [s].

8 Results

8.1 Information available with each measurement

Report the following information on each measurement:

- date and title of measurement;
- length of specimen;
- identification of specimen;
- measurement wavelength;
- beat length;
- measurement method.

8.2 Information available upon request

The following information shall be available upon request:

- description of measurement apparatus arrangement;
- details of measurement apparatus;
- relative humidity and temperature of measurement;
- date of latest calibration of equipment;
- type of optical source used and its spectral width (FWHM) in the case of methods described in 7.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-60:2017

Annex A (informative)

Difference of beat lengths by measurement method (phase beat length and group beat length)

A.1 Phase modal birefringence and phase beat length

The refractive index difference of two orthogonally polarized modes of a polarization-maintaining (PM) fibre results from the core shape and the stress distribution. The difference is the phase modal birefringence and is given by:

$$B_{\text{phase}} = n_x - n_y \quad (\text{A.1})$$

where

B_{phase} is the phase modal birefringence;

n_x, n_y are the refractive indices of two orthogonally polarized modes.

The phase difference $\Delta\phi$ between the two polarized modes results from the birefringence of the optical fibre when two orthogonally polarized modes propagate through the fibre which has a length of L .

$$\Delta\phi = \frac{2\pi \cdot B_{\text{phase}}}{\lambda} L \quad (\text{A.2})$$

where

$\Delta\phi$ is the phase difference between two polarized modes;

B_{phase} is the phase modal birefringence;

L is the fibre length;

λ is the wavelength.

The phase difference changes the state of polarization of the fibre periodically along its longitudinal direction. The beat length is a length at which the phase difference becomes 2π , and is defined by:

$$L_{B(\text{phase})} = \frac{\lambda}{B_{\text{phase}}} \quad (\text{A.3})$$

where

$L_{B(\text{phase})}$ is the phase beat length;

λ is the wavelength;

B_{phase} is the phase modal birefringence.

Phase beat length measurement methods described in 7.1 measure the beat length directly.

A.2 Group modal birefringence and group beat length

In principle, the polarization mode dispersion is measured with the test method defined in 7.2 (group beat length measurement method). A modal birefringence and a beat length measured by this method, which are defined on the basis of differential group refractive index, are

different from a modal birefringence and a beat length measured by phase beat length measurement methods defined in 7.1.

The group modal birefringence is given by:

$$B_{\text{group}} = n_{x(\text{group})} - n_{y(\text{group})} \quad (\text{A.4})$$

where

B_{group} is the group modal birefringence;

$n_{x(\text{group})}$, $n_{y(\text{group})}$ are the group refractive indices of two orthogonally polarized modes.

The relation between phase refractive index and group refractive index is described by:

$$n_{\text{group}} = n - \lambda \frac{dn}{d\lambda} \quad (\text{A.5})$$

where

n is the phase refractive index;

n_{group} is the group refractive index;

λ is the wavelength.

According to Equations (A.4) and (A.5), the group modal birefringence B_{group} is calculated by:

$$B_{\text{group}} = B_{\text{phase}} - \lambda \frac{dB_{\text{phase}}}{d\lambda} \quad (\text{A.6})$$

where

B_{group} is the group modal birefringence;

B_{phase} is the phase modal birefringence;

λ is the wavelength.

B_{group} shifts from B_{phase} by the wavelength dispersion of B_{phase} .

The group modal birefringence measured by the method described in 7.2 is calculated from the wavelength dependence of the phase difference. The phase difference with the wavelength dependence of the group modal birefringence, $\Delta\phi(\lambda_1) - \Delta\phi(\lambda_0)$, is expressed as:

$$\begin{aligned} \Delta\phi(\lambda_1) - \Delta\phi(\lambda_0) &= \frac{d(\Delta\phi)}{d\lambda} \Delta\lambda = \frac{d}{d\lambda} \left[\frac{2\pi B_{\text{phase}}}{\lambda} L \right] \Delta\lambda \\ &= -2\pi \cdot B_{\text{phase}} \cdot L \cdot \frac{\Delta\lambda}{\lambda^2} + \frac{2\pi \cdot L}{\lambda} \frac{dB_{\text{phase}}}{d\lambda} \Delta\lambda \end{aligned} \quad (\text{A.7})$$

where

$\Delta\phi$ is the phase difference between two polarized modes;

$\Delta\phi(\lambda)$ is the phase difference between two polarized modes at the wavelength of λ ;

B_{phase} is the phase modal birefringence described in 7.1;

L is the fibre length;

λ is the wavelength;

$\Delta\lambda$ is the wavelength shift between the two wavelengths, λ_1 and λ_0 .

According to Equations (A.6) and (A.7), the phase difference with the wavelength dependence of the group modal birefringence $\Delta\phi(\lambda_1) - \Delta\phi(\lambda_0)$ measured by the methods described in 7.2 is calculated by:

$$\Delta\phi(\lambda_1) - \Delta\phi(\lambda_0) = -2\pi \cdot B_{\text{group}} \cdot L \cdot \frac{\Delta\lambda}{\lambda^2} \quad (\text{A.8})$$

where

$\Delta\phi$ is the phase difference between two polarized modes;

$\Delta\phi(\lambda)$ is the phase difference between two polarized modes at the wavelength of λ ;

B_{group} is the modal birefringence described in 7.2;

L is the fibre length;

λ is the wavelength;

$\Delta\lambda$ is the wavelength shift between the two wavelengths, λ_1 and λ_0 .

From the measurement described in 7.2, the group modal birefringence B_{group} can be derived directly.

The phase difference $\Delta\phi(\lambda_1) - \Delta\phi(\lambda_0)$ changes the state of polarization periodically with the wavelength. The group modal birefringence B_{group} is calculated from the wavelength λ_1 and λ_0 at which the phase difference $\Delta\phi(\lambda_1) - \Delta\phi(\lambda_0)$ becomes 2π , and is calculated by:

$$B_{\text{group}} = \frac{\lambda^2}{L \cdot \Delta\lambda_{\text{p-p}}} \quad (\text{A.9})$$

where

B_{group} is the group modal birefringence described in 7.2;

L is the fibre length;

λ is the wavelength;

$\Delta\lambda_{\text{p-p}}$ is the wavelength shift which corresponds to $\Delta\phi(\lambda_1) - \Delta\phi(\lambda_0) = 2\pi$.

The beat length measured in method B, $L_{B(\text{group})}$ is defined by substituting B_{group} in Equation (2).

$$L_{B(\text{group})} = \frac{\lambda}{B_{\text{group}}} \quad (\text{A.10})$$

where

$L_{B(\text{group})}$ is the group beat length measured described in 7.2;

λ is the wavelength;

B_{group} is the group modal birefringence described in 7.2.

Annex B (informative)

Correlation between results obtained by the two methods (phase beat length and group beat length)

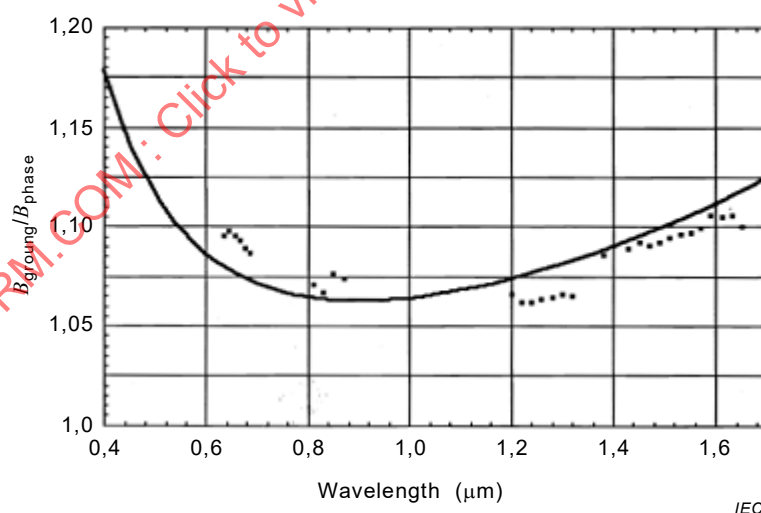
B.1 General

As shown in Annex A, there is a difference between the phase beat length $L_{B(\text{phase})}$ and group beat length $L_{B(\text{group})}$ in terms of definition. The phase beat length obtained by the methods described in 7.1 is based on the original definition. The phase beat length and group beat length will give different results. Differences of more than 100 % have been reported in the worst case [2].

If the correlation between both methods is confirmed in advance, the measurement method described in 7.2 can be used as an alternative easy-to-use measurement method. For polarization-maintaining and absorption-reducing (PANDA) fibre, the reported correlations between B_{group} and B_{phase} are almost the same value around 1,1. For elliptical core fibre, the correlation varies depending on the design (the ratio of ellipticity, etc.).

B.2 Example of correlation between phase and group beat lengths in the case of PANDA fibres

Figure B.1 shows the wavelength dependence of $B_{\text{group}}/B_{\text{phase}}$ for PANDA fibres [3]. The difference between results obtained by the methods described in 7.1 and 7.2 is dependent on the wavelength. The reported correlations between B_{group} and B_{phase} are almost the same value around 1,1.



**Figure B.1 – Wavelength dependence
of $B_{\text{group}}/B_{\text{phase}}$ [3]**

B.3 Example of correlation between phase and group beat lengths in the case of elliptical core fibres

Table B.1 summarises reported $B_{\text{group}}/B_{\text{phase}}$ of an elliptical core fibre [4]. For elliptical core fibre, the correlation varies depending on the design (the ratio of ellipticity, etc.).

Table B.1 – $B_{\text{group}}/B_{\text{phase}}$ of elliptical core fibres

Fibre type	Wavelength	$B_{\text{group}}/B_{\text{phase}}$
No.1 in [2]	1 550 nm	1,8
No.2 in [2]	1 550 nm	2

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-60:2017

Annex C (informative)

Electromagnet for Faraday rotation

An example of the electromagnet for Faraday rotation used to Method A for beat length measurement is shown in Figure C.1. The brass tube is inserted in the coil. The brass tube has a through hole for inserting an optical fibre and 1 mm air gap. The brass tube has the air gap to apply the optical fibre to magnetic field.

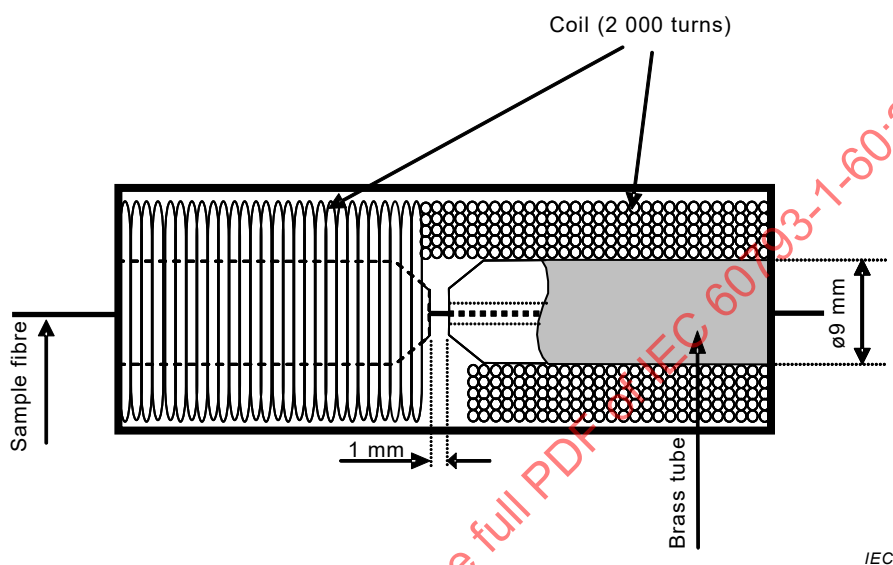


Figure C.1 – Schematic of the electromagnet

Bibliography

- [1] R. CALVANI, R. CAPONI, F. CISTERNIO and G. COPPA, "Fiber Birefringence Measurements with an External Stress Method and Heterodyne Polarization Detection," J. Lightwave Technol., Vol. 5, No. 9, p. 1176, 1987.
- [2] M. LEGRE, M. WEGMULLER and N. GISIN, "Investigation of the Ratio between Phase and Group Birefringence in Optical Single-Mode Fibers", Journal of Lightwave Technology Vol. 21, No. 12, December 2003.
- [3] K. HIMENO, M. SAWADA, A. WADA, R. YAMAUCHI, "Accuracy improvement of modal birefringence measurement for PANDA fibers using wavelength scanning method", Technical Digest of CLEO/Pacific Rim'95, Tu12, July 1995.
- [4] IEC 60793-2, *Optical fibres – Part 2: Product specifications – General*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-60:2017

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-60:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	23
1 Domaine d'application	25
2 Références normatives	25
3 Termes et définitions	25
4 Conditions d'essai	26
5 Méthode d'essai de référence	26
6 Spécimen	26
7 Méthodes d'essai	26
7.1 Méthodes de mesure de la longueur de battement de phase	26
7.1.1 Généralités	26
7.1.2 Contrôle de la puissance de sortie au moyen d'un électroaimant	27
7.1.3 Contrôle du SOP par une force latérale	30
7.2 Méthode de mesure de la longueur de battement de groupe	32
7.2.1 Généralités	32
7.2.2 Appareillage et procédure	32
7.2.3 Calcul	32
8 Résultats	33
8.1 Informations d'accompagnement de chaque mesurage	33
8.2 Informations disponibles sur demande	33
Annexe A (informative) Différence des longueurs de battement par méthode de mesure (longueur de battement de phase et longueur de battement de groupe)	34
A.1 Biréfringence modale de phase et longueur de battement de phase	34
A.2 Biréfringence modale de groupe et longueur de battement de groupe	35
Annexe B (informative) Corrélation entre les résultats obtenus par les deux méthodes (longueur de battement de phase et longueur de battement de groupe)	38
B.1 Généralités	38
B.2 Exemple de corrélation entre les longueurs de battement de phase et de battement de groupe dans le cas des fibres PANDA	38
B.3 Exemple de corrélation entre les longueurs de battement de phase et de battement de groupe dans le cas des fibres à cœur elliptique	39
Annexe C (informative) Électroaimant pour rotation Faraday	40
Bibliographie	41
Figure 1 – Appareil de mesure de la longueur de battement de phase au moyen d'un électroaimant	27
Figure 2 – Exemple de profil de mesure par électroaimant	29
Figure 3 – Installation de mesure de la valeur $L_{B(\text{phase})}$ lors du contrôle du SOP avec déplacement conjoint d'une force latérale	30
Figure 4 – Mesurage du SOP à différents niveaux de la force latérale	31
Figure 5 – Exemple d'évolution du SOP et des composantes vectorielles de Stokes normalisées	32
Figure B.1 – Dépendance de $B_{\text{groupe}}/B_{\text{phase}}$ à la longueur d'onde [3]	38
Figure C.1 – Représentation schématique de l'électroaimant	40
Tableau B.1 – $B_{\text{groupe}}/B_{\text{phase}}$ des fibres à cœur elliptique	39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FIBRES OPTIQUES –

**Partie 1-60: Méthodes de mesure et procédures d'essai –
Longueur de battement**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60793-1-60 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques.

La présente version bilingue (2021-02) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2017-02.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60793, publiées sous le titre général *Fibres optiques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60793-1-60:2017

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-60: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Longueur de battement

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60793 définit des méthodes d'essai tant pour la longueur de battement de phase que pour la longueur de battement de groupe. Ces deux paramètres sont définis de manière différente et produisent des résultats différents selon le type de fibre à maintien de polarisation (PM – *polarization-maintaining*).

La longueur de battement de phase est le paramètre approprié de la capacité des fibres à maintenir un rapport d'extinction élevé. Les Annexes A et B décrivent ces éléments de manière plus détaillée.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 60068-1, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et lignes directrices*

IEC 60793-1-1, *Optical fibres – Part 1-1: Measurement methods and test procedures – General and guidance* (disponible en anglais seulement)

IEC 60793-1-48, *Fibres optiques – Partie 1-48: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Dispersion de mode de polarisation*

IEC 60793-2-70¹, *Optical fibres – Part 2-70: Product specifications – Sectional specifications for polarization-maintaining fibres* (disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60793-1-1, ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

¹ En cours d'élaboration. Stade au moment de la publication: IEC CCDV 60793-2-70:2017.

3.1

longueur de battement de phase

$L_{B(\text{phase})}$

distance sur laquelle deux modes de polarisation orthogonaux sont retardés d'un cycle (2π)

3.2

longueur de battement de groupe

$L_{B(\text{groupe})}$

distance sur laquelle la différence de retard de groupe correspond à un cycle (2π)

Note 1 à l'article Un retard de groupe est fondé sur l'indice de réfraction de groupe.

4 Conditions d'essai

Sauf spécification contraire, l'essai doit être mené dans les conditions normales spécifiées dans l'IEC 60068-1. Toutefois, lorsque des mesurages sont difficiles à réaliser dans les conditions normales, l'essai peut être mené dans des conditions autres que ces dernières, sous réserve que les évaluations ne soulèvent aucun doute.

5 Méthode d'essai de référence

Étant donné que la longueur de battement de phase constitue le paramètre indiqué dans la spécification de produit (IEC 60793-2-70), les deux méthodes d'essai de longueur de battement de phase décrites en 7.1 sont définies comme la méthode d'essai de référence (RTM – *reference test method*). La méthode d'essai pour la longueur de battement de groupe décrite en 7.2 peut être utilisée comme méthode d'essai alternative (ATM – *alternative test method*) lorsque la corrélation entre la longueur de battement de phase et la longueur de battement de groupe est confirmée au préalable (tel que présenté à l'Annexe B).

6 Spécimen

Il convient qu'une longueur de spécimen constitue la longueur minimale nécessaire pour l'installation de l'appareil d'essai. Lorsque le spécimen est extrêmement long, veiller à ce qu'il ne subisse aucune contrainte.

7 Méthodes d'essai

7.1 Méthodes de mesure de la longueur de battement de phase

7.1.1 Généralités

La méthode de mesure de la longueur de battement de phase repose sur l'application d'une perturbation ponctuelle sur une courte longueur de la fibre en essai, et soit sur le contrôle des variations de la puissance de sortie, soit sur le contrôle des modifications de l'état de polarisation (SOP – *state of polarization*) de sortie à une longueur d'onde par rapport à la distance de déplacement.

La perturbation peut être soit une force latérale, soit un électroaimant.

Le présent document décrit les deux méthodes d'essai de contrôle de la puissance de sortie au moyen d'un électroaimant, et de contrôle du SOP par l'application d'une force latérale.

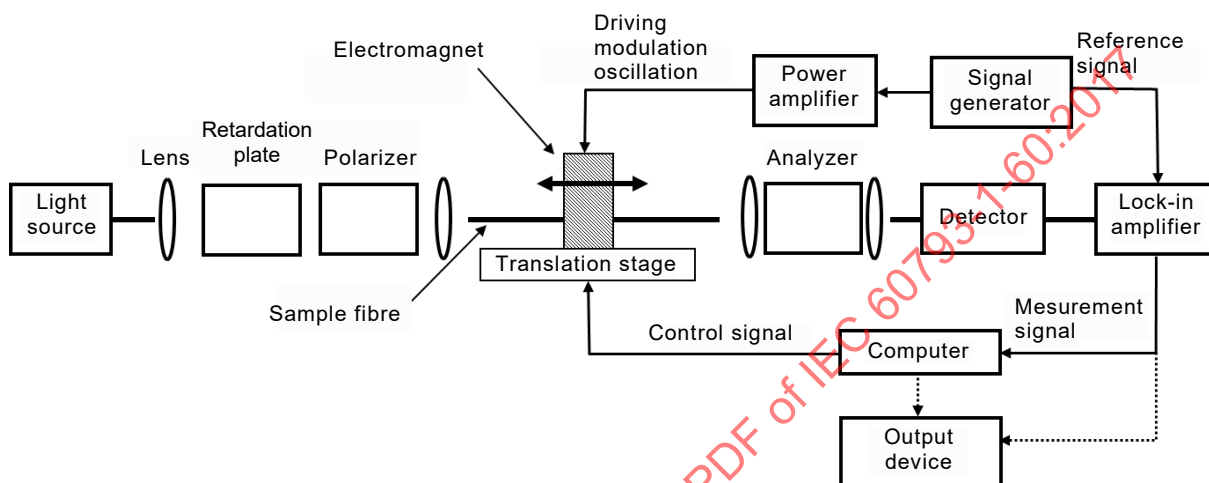
7.1.2 Contrôle de la puissance de sortie au moyen d'un électroaimant

7.1.2.1 Appareillage

7.1.2.1.1 Appareillage général

Voir la Figure 1 pour un diagramme du montage d'essai.

Déplacement d'un électroaimant le long de l'axe longitudinal des fibres optiques pour une rotation Faraday.



IEC

Anglais	Français
Light source	Source de rayonnement lumineux
Lens	Lentille
Retardation plate	Lame de retard
Polarizer	Polariseur
Sample fibre	Fibre échantillon
Electromagnet	Électroaimant
Translation stage	Étage de translation
Driving modulation oscillation	Oscillation de modulation de commande
Power amplifier	Amplificateur de puissance
Analyzer	Analyseur
Control signal	Signal de commande
Computer	Calculateur
Output device	Dispositif de sortie
Signal generator	Générateur de signaux
Detector	Détecteur
Measurement signal	Signal de mesure
Lock-in amplifier	Amplificateur à verrouillage
Reference signal	Signal de référence

Figure 1 – Appareil de mesure de la longueur de battement de phase au moyen d'un électroaimant

7.1.2.1.2 Source de rayonnement lumineux

Une source de rayonnement lumineux à largeur de raie spectrale étroite telle qu'un laser DFB doit être utilisée.

7.1.2.1.3 lame de retard

Une lame de retard ($\lambda/4$ retarder) doit être prévue afin de fournir à la fibre un certain niveau de puissance optique même en cas de rotation du polariseur. La lame de retard convertit la polarisation de lumière incidente d'une polarisation linéaire en une polarisation circulaire.

7.1.2.1.4 Polariseur et analyseur

Un polariseur et un analyseur doivent être capables de produire une lumière à polarisation linéaire qui présente une certaine direction de vecteur champ électrique lorsqu'ils ont reçu la lumière dans un état de polarisation.

7.1.2.1.5 Détecteur

Un détecteur à utiliser doit comprendre une surface de réception de la lumière qui peut détecter toute la puissance optique émise par l'extrémité de sortie de la fibre optique.

7.1.2.1.6 Electroaimant pour rotation Faraday

Un électroaimant pour rotation Faraday permet d'effectuer une rotation de la polarisation de la lumière dans une fibre par l'application d'un champ électromagnétique le long de l'axe longitudinal de la fibre. La rotation de polarisation doit être modulée par un signal électrique extérieur afin d'améliorer la sensibilité de mesure. Il convient que la longueur d'interaction soit inférieure à la longueur de battement spécifiée (par exemple, de l'ordre de 1 mm) à un degré suffisant pour détecter la longueur de battement avec une exactitude appropriée. Il convient que le champ électromagnétique appliqué soit suffisamment important pour détecter la longueur de battement avec une exactitude appropriée. L'Annexe C décrit les exemples d'électroaimant pour rotation Faraday.

7.1.2.1.7 Étage de translation

Un étage de translation doit être capable de déplacer l'électroaimant le long de l'axe longitudinal de la fibre. La plage de déplacement et le pas de l'étage de translation doivent être suffisants pour mesurer la longueur de battement de la fibre échantillon.

7.1.2.1.8 Amplificateur à verrouillage

Un amplificateur à verrouillage doit être utilisé pour améliorer la sensibilité de mesure. Son temps de réponse doit être suffisant pour répondre à la vitesse de modulation de l'électroaimant.

7.1.2.1.9 Générateur de signaux

Un générateur de signaux fournit un signal modulé à l'amplificateur à verrouillage et à l'électroaimant.

7.1.2.1.10 Amplificateur de puissance

Un amplificateur de puissance peut être utilisé si nécessaire. Il doit fournir une puissance suffisante à l'électroaimant.

7.1.2.1.11 Calculateur

Il convient qu'un calculateur contrôle l'étage d'impulsion et transforme le signal de sortie de l'amplificateur à verrouillage.

7.1.2.1.12 Dispositif de sortie

Un dispositif de sortie sert à produire un profil de mesure transformé par le calculateur. Le dispositif de sortie peut produire directement le niveau de signal de l'amplificateur à verrouillage de la même façon qu'un traceur.

7.1.2.2 Procédure

7.1.2.2.1 Préparation et ajustement

Préparer une rainure en V ou un adaptateur optique vierge afin de connecter la fibre échantillon en essai au polariseur et à l'analyseur. Retirer le revêtement primaire des deux extrémités de la fibre en essai, et couper les extrémités en surfaces spéculaires perpendiculaires à l'axe de la fibre. Connecter une extrémité de la fibre au polariseur, à savoir soit la rainure en V, soit l'adaptateur optique vierge. Connecter l'autre extrémité de la fibre à l'analyseur, et connecter ce dernier au détecteur, de manière à permettre la réception de toute la lumière d'entrée.

Faire pivoter le polariseur et l'analyseur afin de réduire le plus possible la puissance de sortie optique de l'analyseur. Ajuster ensuite l'analyseur afin d'augmenter le plus possible la tension de sortie de l'amplificateur à verrouillage.

7.1.2.2.2 Mesurage

Déplacer l'électroaimant par commande de l'étage d'impulsion. Mémoriser une relation entre la distance de déplacement de l'électroaimant Z et la sortie de l'amplificateur à verrouillage V . La relation telle que représentée à la Figure 2 peut être obtenue. Mesurer la valeur N fois des distances de déplacement, ΔZ_i qui correspond à une demi-période de la séquence de V .

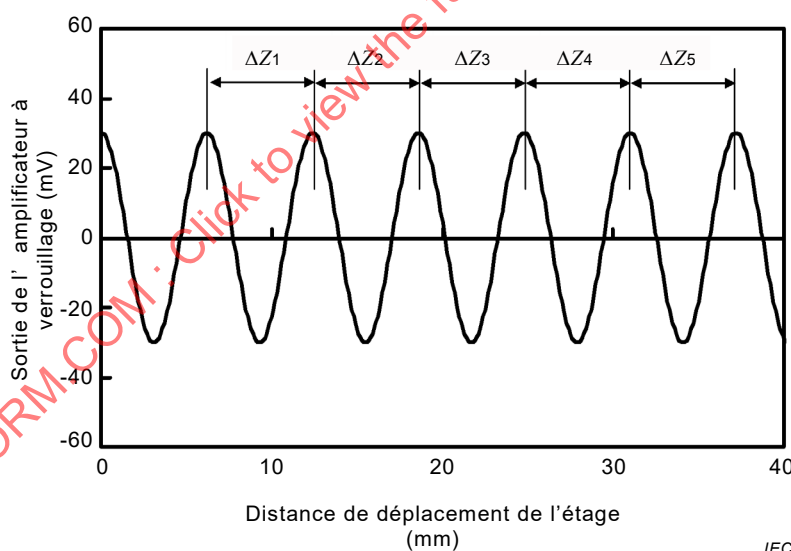


Figure 2 – Exemple de profil de mesure par électroaimant

7.1.2.3 Calcul

La longueur de battement de phase $L_{B(\text{phase})}$ est donnée par:

$$L_{B(\text{phase})} = \frac{2 \sum_{i=1}^N \Delta Z_i}{N} \quad (1)$$

où

$L_{B(\text{phase})}$ est la longueur de battement de phase;

ΔZ_i est la distance de déplacement de l'étage sur laquelle la sortie de l'amplificateur à verrouillage varie d'une demi-période;

N est le nombre de demi-périodes.

7.1.3 Contrôle du SOP par une force latérale

7.1.3.1 Appareillage

7.1.3.1.1 Appareillage général

Voir la Figure 3 pour un diagramme du montage d'essai.

L'application d'une force latérale en un point qui se déplace le long de l'axe des fibres et mesure simultanément le SOP permet d'obtenir la valeur $L_{B(\text{phase})}$.

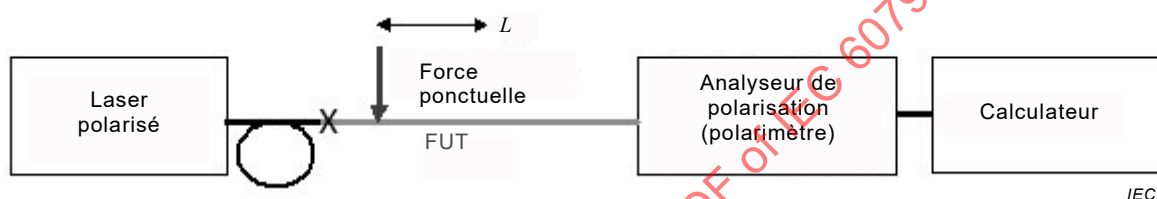


Figure 3 – Installation de mesure de la valeur $L_{B(\text{phase})}$ lors du contrôle du SOP avec déplacement conjoint d'une force latérale

7.1.3.1.2 Source de rayonnement lumineux

Une source laser polarisée à largeur de raie spectrale étroite telle qu'un laser à rétroaction distribuée (DFB – *distributed feedback laser*) doit être utilisée.

7.1.3.1.3 Analyseur de polarisation

Tout analyseur de polarisation (polarimètre) du commerce peut être utilisé.

7.1.3.1.4 Étage de translation

Un étage de translation doit être capable de déplacer la force latérale le long de l'axe longitudinal de la fibre. La plage de déplacement de l'étage de translation doit être suffisante pour mesurer la longueur de battement de la fibre échantillon. Il est recommandé que la plage soit suffisamment longue pour assurer de cinq périodes à dix périodes afin d'obtenir un résultat moyen.

Il convient que la durée de l'interaction entre la force latérale et la fibre échantillon soit nettement inférieure à la longueur de battement spécifiée (par exemple, 1/10).

7.1.3.1.5 Calculateur

Il convient d'utiliser un calculateur pour combiner les données SOP et les données de déplacement.

7.1.3.2 Procédure

7.1.3.2.1 Préparation et ajustement

La fibre échantillon doit être placée directement sur une surface plane lisse. Il est important d'éviter toute torsion de la fibre échantillon.

Étant donné qu'un SOP d'entrée spécifique n'est pas nécessaire (ou qu'il est nécessaire de le connaître) [1]², l'extrémité d'entrée de la fibre échantillon peut être épissurée en tout type de fibre amorce connectée à la source de rayonnement lumineux.

L'extrémité de sortie de la fibre échantillon peut être connectée directement à l'analyseur de polarisation au moyen d'un adaptateur optique vierge par exemple.

7.1.3.2.2 Mesurage

Déplacer la force latérale sur une extrémité de la fibre échantillon et la réduire au niveau de ladite fibre.

Déplacer ensuite la force latérale lentement sur toute la longueur de la fibre échantillon.

Observer le SOP de l'analyseur de polarisation. Un cercle plein correspond à une période.

Le diamètre du cercle présenté sur la sphère de Poincaré augmente avec l'accroissement de la force latérale (voir la Figure 4 ci-dessous).

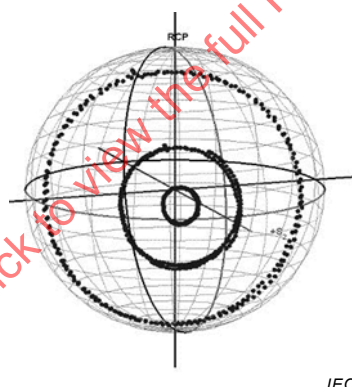


Figure 4 – Mesurage du SOP à différents niveaux de la force latérale

7.1.3.3 Calcul

La variation périodique du SOP permet d'obtenir la longueur de battement de phase. La Figure 5 représente des exemples d'évolution du SOP sur la sphère de Poincaré (gauche) et des trois composantes vectorielles de Stokes normalisées en fonction de la longueur de déplacement qui permet de déterminer la valeur L_B (phase) (droite).

² Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie

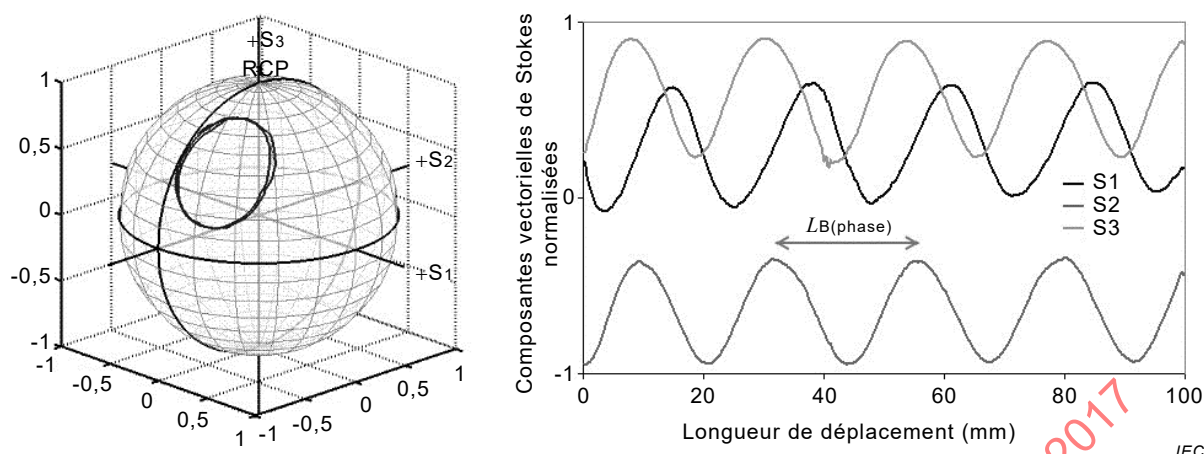


Figure 5 – Exemple d'évolution du SOP et des composantes vectorielles de Stokes normalisées

7.2 Méthode de mesure de la longueur de battement de groupe

7.2.1 Généralités

En principe, la méthode de mesure de la longueur de battement de groupe permet de mesurer la dispersion de mode de polarisation. Cette méthode permet de mesurer une biréfringence modale et une longueur de battement qui sont définies sur la base d'un indice de réfraction de groupe différentiel, et sont différentes d'une biréfringence modale et d'une longueur de battement mesurées par les méthodes spécifiées en 7.1. Voir l'Annexe A.

Comme l'indique l'Annexe B, il existe une corrélation entre les résultats obtenus par les méthodes spécifiées en 7.1 et 7.2 pour certains types de fibre à maintien de polarisation. En cas de confirmation au préalable de la corrélation entre les deux méthodes (tel que présenté à l'Annexe B), la méthode de mesure spécifiée en 7.2 peut servir de méthode de mesure alternative (ATM) simple à utiliser, en lieu et place de la méthode spécifiée en 7.1 (RTM) pour le mesurage de la longueur de battement de phase, avec un facteur de corrélation approprié.

7.2.2 Appareillage et procédure

La méthode de mesure de la longueur de battement de groupe utilise le retard de groupe différentiel (DGD) ou la biréfringence modale de groupe pour calculer la longueur de battement. Il convient de mesurer la longueur de battement par une méthode de mesure de dispersion de mode de polarisation (c'est-à-dire analyseur fixe ou analyse de longueur d'onde, évaluation des paramètres de Stokes, interférométrie). L'IEC 60793-1-48 mentionne les informations relatives à chaque méthode individuelle.

7.2.3 Calcul

Une longueur de battement de groupe peut être calculée à partir des résultats obtenus avec la méthode spécifiée dans l'IEC 60793-1-48.

La longueur de battement de groupe $L_{B(\text{groupe})}$ est donnée par:

$$L_{B(\text{groupe})} = \frac{\lambda}{B_{\text{groupe}}} \quad (2)$$

où

$L_{B(\text{groupe})}$ est la longueur de battement de groupe;

B_{groupe} est la biréfringence modale de groupe spécifiée en 7.2;

λ est la longueur d'onde.

La biréfringence modale de groupe B_{groupe} est donnée par:

$$B_{\text{groupe}} = \frac{c}{L} \cdot \Delta\tau \quad (3)$$

où

c est la vitesse du rayonnement lumineux dans le vide [m/s];

L est la longueur de fibre [m];

$\Delta\tau$ est le retard de groupe différentiel (DGD) [s].

8 Résultats

8.1 Informations d'accompagnement de chaque mesure

Consigner les informations suivantes dans un rapport lors de chaque mesure:

- date et libellé du mesure;
- longueur de spécimen;
- identification du spécimen;
- longueur d'onde de mesure;
- longueur de battement;
- méthode de mesure.

8.2 Informations disponibles sur demande

Les informations suivantes doivent être disponibles sur demande.

- description du dispositif de l'appareil de mesure;
- informations détaillées de l'appareil de mesure;
- humidité relative et température de mesure;
- date du dernier étalonnage du matériel;
- type de source optique utilisée et sa largeur spectrale (FWHM) dans le cas des méthodes décrites en 7.1.

Annexe A (informative)

Différence des longueurs de battement par méthode de mesure (longueur de battement de phase et longueur de battement de groupe)

A.1 Biréfringence modale de phase et longueur de battement de phase

La différence de l'indice de réfraction de deux modes à polarisation orthogonale d'une fibre à maintien de polarisation (PM) provient de la forme du cœur et de la distribution des contraintes. La différence correspond à la biréfringence modale de phase et est donnée par:

$$B_{\text{phase}} = n_x - n_y \quad (\text{A.1})$$

où

B_{phase} est la biréfringence modale de phase;

n_x, n_y sont les indices de réfraction de deux modes à polarisation orthogonale.

Le déphasage $\Delta\phi$ entre les deux modes polarisés provient de la biréfringence de la fibre optique lors de la propagation de deux modes à polarisation orthogonale dans la fibre d'une longueur de L .

$$\Delta\phi = \frac{2\pi \cdot B_{\text{phase}}}{\lambda} L \quad (\text{A.2})$$

où

$\Delta\phi$ est le déphasage entre deux modes polarisés;

B_{phase} est la biréfringence modale de phase;

L est la longueur de fibre;

λ est la longueur d'onde.

Le déphasage modifie l'état de polarisation de la fibre de façon périodique le long de son axe longitudinal. La longueur de battement est une longueur à laquelle le déphasage devient 2π , et est défini par:

$$L_{B(\text{phase})} = \frac{\lambda}{B_{\text{phase}}} \quad (\text{A.3})$$

où

$L_{B(\text{phase})}$ est la longueur de battement de phase;

λ est la longueur d'onde;

B_{phase} est la biréfringence modale de phase.

Les méthodes de mesure de la longueur de battement de phase décrites en 7.1 sont des méthodes de mesure directe de la longueur de battement.