

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Fibre optic interconnecting devices and passive components – Connector optical interfaces –

Part 3-1: Connector parameters of dispersion unshifted single-mode physically contacting fibres – Non-angled 2,5 mm and 1,25 mm diameter cylindrical full zirconia ferrules

Dispositifs d'interconnexion et composants passifs fibroniques – Interfaces optiques de connecteurs –

Partie 3-1 : Paramètres des connecteurs pour fibres unimodales à dispersion non décalée en contact physique – Ferrules cylindriques sans angle en zircone pleine de 2,5 mm et 1,25 mm de diamètre



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2024 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 Secretariat
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 Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews, graphical symbols and the glossary. 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 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 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 Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. 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 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Fibre optic interconnecting devices and passive components – Connector optical interfaces –

Part 3-1: Connector parameters of dispersion unshifted single-mode physically contacting fibres – Non-angled 2,5 mm and 1,25 mm diameter cylindrical full zirconia ferrules

Dispositifs d'interconnexion et composants passifs fibroniques – Interfaces optiques de connecteurs –

Partie 3-1 : Paramètres des connecteurs pour fibres unimodales à dispersion non décalée en contact physique – Ferrules cylindriques sans angle en zircone pleine de 2,5 mm et 1,25 mm de diamètre

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.180.20

ISBN 978-2-8322-8584-8

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	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Description	6
5 Interface parameters	7
Annex A (informative) Maximum allowed spherical fibre undercut	12
Annex B (informative) Expected attenuation when mated to reference connector plugs	14
Annex C (informative) Guidance related to simulation of optical interface attenuation	15
Annex D (informative) Estimation of average fibre core eccentricity limits as a function of batch size	21
Bibliography	24
Figure 1 – Connector plug endface dimensions	8
Figure 2 – Geometric requirements for fibre core location after termination	8
Figure 3 – Ferrule dimensions	11
Figure A.1 – Allowable undercut as a function of endface radius and apex offset – 4,9 N minimum contact force	13
Figure A.2 – Allowable undercut as a function of endface radius and apex offset – 2,9 N minimum contact force	13
Figure C.1 – MFD distribution used in the design curve calculation	16
Figure C.2 – Resultant fibre core to ferrule eccentricity distribution for Grade B attenuation	17
Figure C.3 – Resultant fibre angle distribution for Grade B attenuation	17
Figure C.4 – Scatterplot of fibre core eccentricities for Grade B attenuation	19
Figure C.5 – Histogram indicating attenuation distribution of a Grade B optical interface, Variant 1 to Variant 2	20
Figure D.1 – Example histogram showing fibre core eccentricity mean distribution for Grade B Variant 1 interfaces with a batch size of 25	21
Figure D.2 – Illustrative run chart of fibre core eccentricity for different batch sizes which all conform to the mean and maximum limits	23
Table 1 – Optical interface parameter values for 2,5 mm diameter ferrule	9
Table 2 – Optical interface parameter values for 1,25 mm diameter ferrule	10
Table 3 – Optical interface parameter values for PC ferrules	11
Table B.1 – Descriptive statistics when performance grades are mated against a Grade R1 reference interface	14
Table C.1 – MFD and fibre core nominal index of refraction	16
Table D.1 – Maximum allowable average fibre core eccentricity limit for different batch sizes	22

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FIBRE OPTIC INTERCONNECTING
DEVICES AND PASSIVE COMPONENTS –
CONNECTOR OPTICAL INTERFACES –****Part 3-1: Connector parameters of dispersion
unshifted single-mode physically contacting fibres –
Non-angled 2,5 mm and 1,25 mm diameter cylindrical full zirconia ferrules**

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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 61755-3-1 has been prepared by subcommittee 86B: Fibre optic interconnecting devices and passive components, of IEC technical committee 86: Fibre Optics. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2006. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) normative references have been added;
- b) the introduction of an additional optical interface with a different fibre core eccentricity profile. The previous revision of optical interface standard is named "Variant 1: with fibre core axis oriented towards the connector guide key". The additional optical interface is named "Variant 2: with fibre core axis not oriented towards the connector guide key";
- c) statements added related to interoperability, where both variants remain intermateable within a given performance grade and backwards compatible to IEC 61755-3-1:2006;
- d) The addition of Grade B and Grade C interface requirements for both variants;
- e) The addition of a descriptive statistic for the mean fibre core eccentricity (mean value) to describe the distribution of fibre core eccentricity to ensure interoperability;
- f) A new informative Annex B to give guidance on the expected attenuation when mated to a reference connector plug;
- g) A new informative Annex C to give guidance related to the simulation of optical interface attenuation;
- h) A new informative Annex D to give guidance related to estimation of mean fibre eccentricity limits for finite production batch sizes.

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

Draft	Report on voting
86B/4863/FDIS	86B/4889/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts of the IEC 61755 series, published under the general title *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Connector optical interfaces for single-mode fibres*, can be found on the IEC website.

Future documents in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing documents in this series will be updated at the time of the next edition.

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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 61755-3-1:2024

FIBRE OPTIC INTERCONNECTING DEVICES AND PASSIVE COMPONENTS – CONNECTOR OPTICAL INTERFACES –

Part 3-1: Connector parameters of dispersion unshifted single-mode physically contacting fibres – Non-angled 2,5 mm and 1,25 mm diameter cylindrical full zirconia ferrules

1 Scope

This part of IEC 61755 defines the dimensional limits of the optical interface that are necessary for single-mode fibre optic connectors with 2,5 mm or 1,25 mm diameter cylindrical zirconia (ZrO_2) ferrules to meet the specific requirements for fibre-to-fibre interconnection, as defined in IEC 61755-2-1.

Ferrules made from the material specified in this document are suitable for use in all the operating service environments defined in IEC 61753-1.

Ferrule dimensions and features are contained in the IEC 61754 series of fibre optic connector interface standards.

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 61755-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Connector optical interfaces for single-mode fibres – Part 1: Optical interfaces for dispersion unshifted fibres – General and guidance*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61755-1 apply.

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

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

4 Description

The performance of a physical contact (PC) cylindrical ferrule optical interface is determined by the alignment of the optical datum targets of two mating ferrules. There are three conditions affecting the alignment of two optical datum targets: lateral offset, angular offset and longitudinal offset.

Parameters influencing the lateral and angular offset of the optical fibre axes include the following:

- ferrule outside diameter,
- ferrule bore concentricity relative to the ferrule outside diameter,
- ferrule bore angle relative to ferrule outside diameter axis,
- fibre cladding diameter relative to ferrule bore diameter,
- fibre core concentricity relative to the fibre cladding diameter,
- fibre core orientation relative to connector guide key,
- alignment sleeve inside diameter.

Parameters influencing the connector plug endface deformation requirements to maintain the physical contact of the ferrules within a mated connection are as follows:

- endface spherical radius,
- endface spherical radius apex offset,
- fibre undercut,
- axial force on ferrule endface,
- ferrule and fibre material physical constants,
- alignment sleeve frictional force.

5 Interface parameters

The endface dimensions of terminated connector plugs provided in Figure 1 and Figure 2 show the geometrical position of the fibre core for two alternative variants. These core location variants ensure full intermateability between Variant 1 and Variant 2 as defined in IEC 61755-1. In addition, both variants produced per this document are fully backwards compatible with Grade B in IEC 61755-3-1:2006.

The ferrule dimensions are defined in Figure 3. The parameter requirements are detailed in Table 1, Table 2 and Table 3.

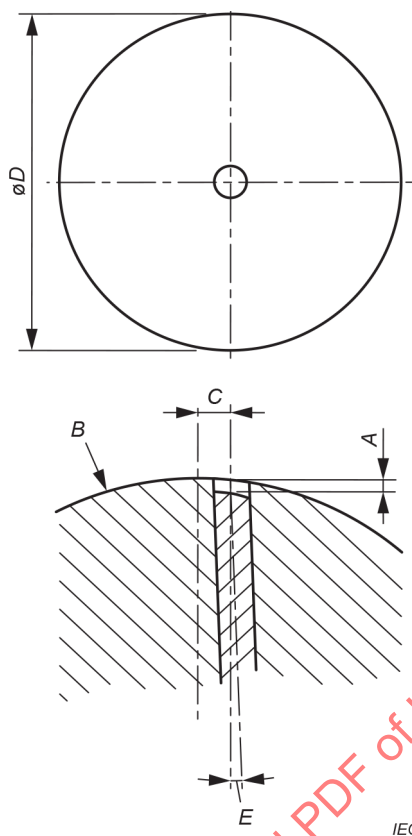
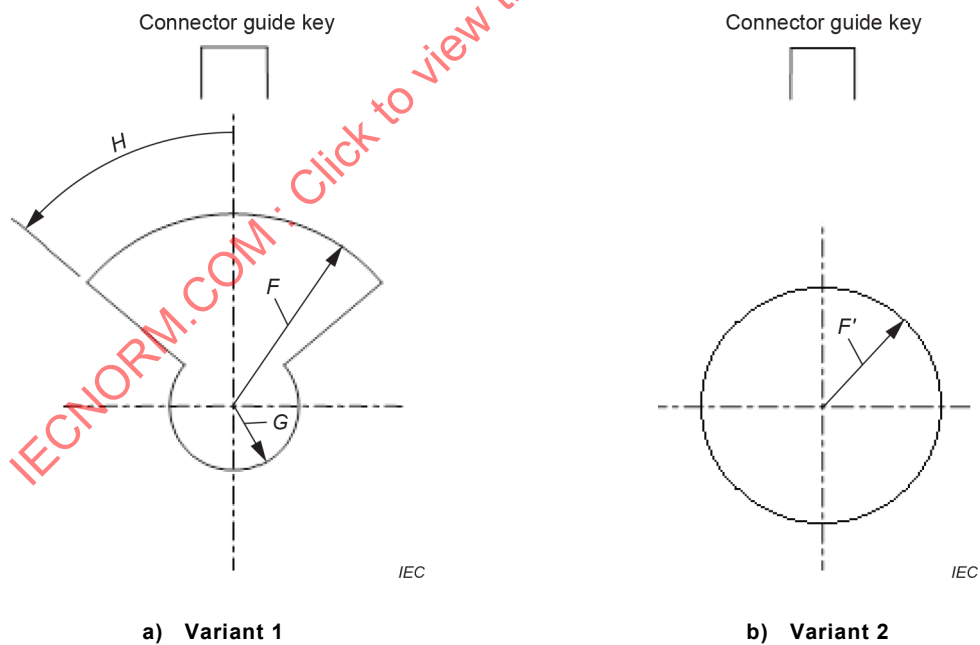


Figure 1 – Connector plug endface dimensions



NOTE F , F' , G and H define the radial and angular coordinate limits of the optical fibre core axis relative to the optical datum target of the ferrule.

Figure 2 – Geometric requirements for fibre core location after termination

Table 1 – Optical interface parameter values for 2,5 mm diameter ferrule

Ref.	Parameter values								Unit	Remarks
	Grade A		Grade B		Grade C		Grade D			
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
<i>A</i> ^b			−100	a	−100	a	−100	a	nm	Fibre undercut or protrusion
<i>B</i>			5	30	5	30	5	30	mm	Spherical radius
<i>C</i>			0	50	0	50	0	50	µm	Apex offset
<i>D</i>			2,498 5	2,499 5	2,498 5	2,499 5	2,498 5	2,499 5	mm	Ferrule outside diameter
<i>E</i>			0	0,2	0	0,3	0	0,6	°	Angle of fibre axis
<i>F</i>			0	1,2 ^c	0	1,5 ^d	Not Applicable		µm	Radius, See Figure 2 a)
<i>F'</i>			0	0,7 ^e	0	1,2 ^f	0	1,6 ^g	µm	Radius, See Figure 2 b)
<i>G</i>			0	0,3	0	0,3	Not Applicable		µm	Radius, See Figure 2 a)
<i>H</i>			0	50	0	50	Not Applicable		°	See Figure 2 a)

NOTE 1 The core location (*F*, *F'*, *G*, *H*) and tilt angle (*E*) values specified in this document have been calculated to ensure that the attenuation values specified in IEC 61755-2-1 are met under all circumstances (See Annex C). Guidance on expected attenuation values when mated to a reference connector plug can be found in Annex B.

NOTE 2 Core eccentricity Variant 1 [Figure 2 a)] and Variant 2 [Figure 2 b)] are intended to be fully intermateable for a given performance grade as defined in IEC 61755-1.

NOTE 3 Grade A is reserved for future application.

NOTE 4 Attenuation performance grades are defined in IEC 61755-1.

NOTE 5 See Annex D for information on estimation of average fibre core eccentricity limits as a function of batch size. The batch size may be changed according to the guidance in Annex D. The batch size should be included in the report.

NOTE 6 Refer to IEC 61300-3-47 for endface geometry measurement of PC spherically polished ferrules using interferometry.

NOTE 7 To account for uncertainty in fibre core eccentricity measurements, the limits and mean values are rounded to one significant digit after the comma.

^a Contact force 4,9 N nominal. Ferrule material: 3 mol % yttria stabilized zirconia, ZrO₂. Nominal material physical constant values: Young's Modulus, 200 GPa ± 20 GPa, Poisson's Ratio, 0,30 to 0,31. See Annex A for details.

$$A_{\text{maximum}} = 1\,988 \cdot B^{(-0,795)} - B \cdot 10^6 + \left(\sqrt{B^2 \cdot 10^6 - C^2} \right) \cdot 10^3 - 60$$

^b *A* as a negative value indicates fibre protrusion.

^c Fibre core eccentricity distribution shall have a mean less than or equal to 0,4 µm. See Note 5.

^d Fibre core eccentricity distribution shall have a mean less than or equal to 0,6 µm. See Note 5.

^e Fibre core eccentricity distribution shall have a mean less than or equal to 0,3 µm. See Note 5.

^f Fibre core eccentricity distribution shall have a mean less than or equal to 0,5 µm. See Note 5.

^g Fibre core eccentricity distribution shall have a mean less than or equal to 0,6 µm. See Note 5.

Table 2 – Optical interface parameter values for 1,25 mm diameter ferrule

Ref.	Parameter values								Unit	Remarks
	Grade A		Grade B		Grade C		Grade D			
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
<i>A</i> ^b			−100	<i>a</i>	−100	<i>a</i>	−100	<i>a</i>	nm	Fibre undercut or protrusion
<i>B</i>			5	30	5	30	5	30	mm	Spherical radius
<i>C</i>			0	50	0	50	0	50	μm	Apex offset
<i>D</i>			1,248 5	1,249 5	1,248 5	1,249 5	1,248 5	1,249 5	mm	Outside diameter
<i>E</i>			0	0,2	0	0,3	0	0,6	°	Angle of fibre axis
<i>F</i>			0	1,2 ^c	0	1,5 ^d	Not Applicable		μm	Radius, See Figure 2 a)
<i>F'</i>			0	0,7 ^e	0	1,2 ^f	0	1,6 ^g	μm	Radius, See Figure 2 b)
<i>G</i>			0	0,3	0	0,3	Not Applicable		μm	Radius, See Figure 2 a)
<i>H</i>			0	50	0	50	Not Applicable		°	See Figure 2 a)

NOTE 1 The core location (*F*, *F'*, *G*, *H*) and tilt angle (*E*) values specified in this document have been calculated to ensure that the attenuation values specified in IEC 61755-2-1 are met under all circumstances (See Annex C). Guidance on expected attenuation values when mated to a reference connector plug can be found in Annex B.

NOTE 2 Core eccentricity Variant 1 [Figure 2 a)] and Variant 2 [Figure 2 b)] are intended to be fully intermateable for a given performance grade as defined in IEC 61755-1.

NOTE 3 Grade A is reserved for future application.

NOTE 4 Attenuation performance grades are defined in IEC 61755-1.

NOTE 5 See Annex D for information on estimation of average fibre core eccentricity limits as a function of batch size. The batch size may be changed according to the guidance in Annex D. The batch size should be included in the report.

NOTE 6 Refer to IEC 61300-3-47 for endface geometry measurement of PC spherically polished ferrules using interferometry.

NOTE 7 To account for uncertainty in fibre core eccentricity measurements, the limits and mean values are rounded to one significant digit after the comma.

^a Contact force 2,9 N nominal. Ferrule material: 3 mol % yttria stabilized zirconia, ZrO₂. Nominal material physical constant values: Young's Modulus, 200 GPa ± 20 GPa, Poisson's Ratio, 0,30 to 0,31. See Annex A for details.

$$A_{\text{maximum}} = 1\,798 \cdot B^{(-0,795)} - B \cdot 10^6 + \left(\sqrt{B^2 \cdot 10^6 - C^2} \right) \cdot 10^3 - 60$$

^b *A* as a negative value indicates fibre protrusion.

^c Fibre core eccentricity distribution shall have a mean less than or equal to 0,4 μm. See Note 5.

^d Fibre core eccentricity distribution shall have a mean less than or equal to 0,6 μm. See Note 5.

^e Fibre core eccentricity distribution shall have a mean less than or equal to 0,3 μm. See Note 5.

^f Fibre core eccentricity distribution shall have a mean less than or equal to 0,5 μm. See Note 5.

^g Fibre core eccentricity distribution shall have a mean less than or equal to 0,6 μm. See Note 5.

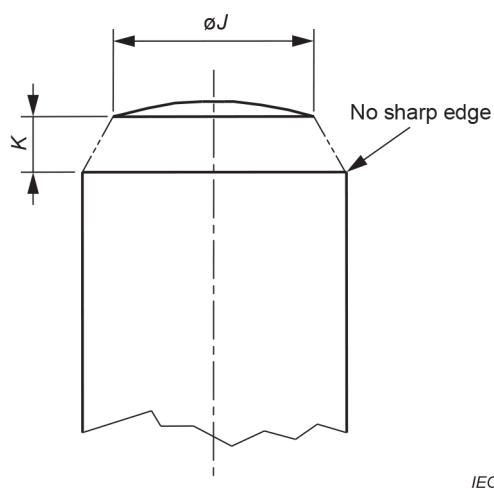


Figure 3 – Ferrule dimensions

Table 3 – Optical interface parameter values for PC ferrules

Ref.	2,5 mm diameter ferrule parameter values		1,25 mm diameter ferrule parameter values		Remarks
	Min. mm	Max. mm	Min. mm	Max. mm	
$\varnothing J$	0,8	-	0,6	-	Diameter
K	-	1,8	-	1,0	

Annex A (informative)

Maximum allowed spherical fibre undercut

The maximum allowed spherical fibre undercut, A_{maximum} (see Figure A.1 and Figure A.2), is determined by the interaction of the parameters influencing the longitudinal offset of the optical fibre axes as defined by Formula (A.1).

$$A_{\text{maximum}} = k_1 \cdot B^{k_2} - B \cdot 10^6 + \left(\sqrt{B^2 \cdot 10^6 - C^2} \right) \cdot 10^3 - D_{\text{DTE}} - D_{\text{PFW}} \quad (\text{A.1})$$

where

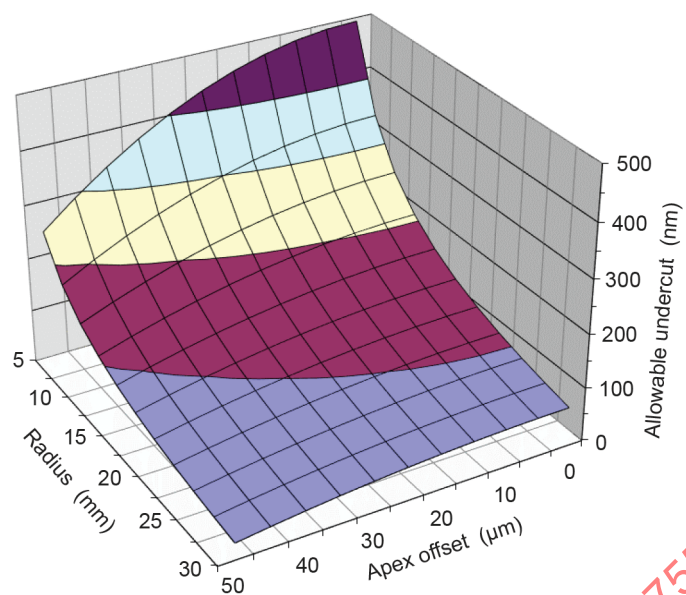
- A_{maximum} is the maximum spherical undercut for physical contact (nm),
- k_1 is the coefficient based on ferrule contact force and material properties,
- k_2 is the exponent based on ferrule contact force and material properties,
- B is the endface spherical radius (mm),
- C is the apex offset from fibre axis (μm),
- D_{DTE} is the differential thermal expansion between the ferrule material and the silica fibre at maximum operating temperature (nm),
- D_{PFW} is the permanent fibre withdrawal that exceeds the transient fibre movement predicted by the first three terms in Formula (A.1) (nm).

Endface deformation term as a function of contact force, endface radius and material properties is shown in Formula (A.2):

$$k_1 \cdot B^{k_2} \quad (\text{A.2})$$

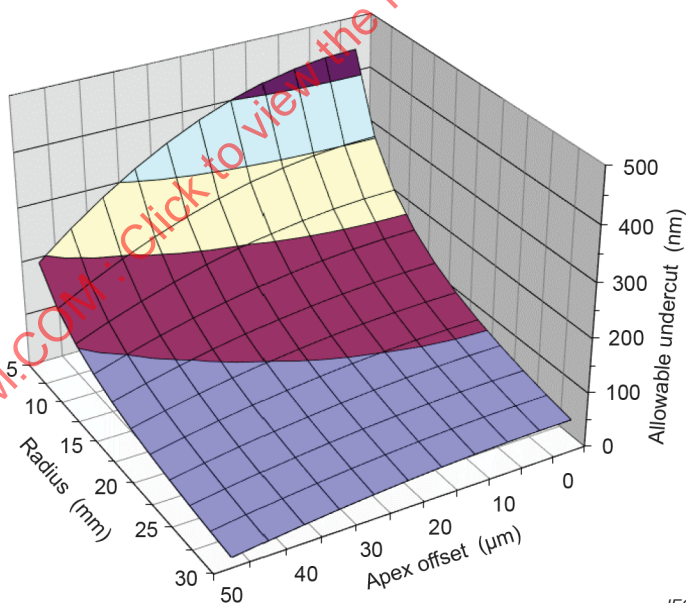
Geometric compensation term for the offset of the ferrule apex from the fibre axis is shown in Formula (A.3):

$$B \cdot 10^6 + \left(\sqrt{B^2 \cdot 10^6 - C^2} \right) \cdot 10^3 \quad (\text{A.3})$$



$$A_{\text{maximum}} = 1\,988 \cdot B^{(-0,795)} - B \cdot 10^6 + \left(\sqrt{B^2 \cdot 10^6 - C^2} \right) \cdot 10^3 - 60$$

Figure A.1 – Allowable undercut as a function of endface radius and apex offset – 4,9 N minimum contact force



$$A_{\text{maximum}} = 1\,798 \cdot B^{(-0,795)} - B \cdot 10^6 + \left(\sqrt{B^2 \cdot 10^6 - C^2} \right) \cdot 10^3 - 60$$

Figure A.2 – Allowable undercut as a function of endface radius and apex offset – 2,9 N minimum contact force

Annex B (informative)

Expected attenuation when mated to reference connector plugs

This annex describes the expected attenuation when terminated connector plugs are mated against a reference interface. The use of reference cords helps to ensure consistency between field measurements and factory measurements.

The performance grades defined within this document are based solely on the geometric optical interface parameters which influence lateral and angular offset. Therefore, attenuation measurements against a reference connector plug are not a substitution for dimensional compliance of an optical interface and should not be used to select connector plugs for a given performance grade.

The estimated descriptive statistics of connector plugs mated against reference interfaces defined in IEC 61755-2-4 (Grade R1) are provided within Table B.1. These values are calculated at 1 310 nm wavelength using Monte Carlo techniques.

Table B.1 – Descriptive statistics when performance grades are mated against a Grade R1 reference interface

Descriptive statistic	Description	Performance grade (dB)				
		Variant 1		Variant 2		
		B	C	B	C	D
μ	Average	0,07	0,11	0,04	0,07	0,12
σ	Standard deviation	0,05	0,09	0,03	0,06	0,11
0,97	> 97 % probability	0,21	0,34	0,11	0,22	0,38

When screening products against a reference, the 99,9 % value is used as limits:

- For Variant 1, it is recommended to use 0,35 dB for the Grade B limit and 0,45 dB for the Grade C limit.
- For Variant 2, it is recommended to use 0,20 dB for the Grade B limit, 0,35 dB for the Grade C limit, and 0,65 dB for the Grade D limit.

This screening can be used to inspect for failure modes such as fractured fibres, mechanical stresses, microbending or macrobending (assuring optical functionality).

Annex C (informative)

Guidance related to simulation of optical interface attenuation

The attenuation of an optical interface is influenced by several parameters, which combine to form a summation of both intrinsic (fibre property mismatch) and extrinsic (misalignment) losses. Fibre related losses are direction independent and related to variation between mating mode field diameters. Misalignment induced losses are influenced by lateral and angular offset of the optical fibre axes. The alignment of the optical datum targets of two mating ferrules is a function of dimensional limits placed on the fibre, ferrule, and alignment sleeve, including tolerances on the fibre core eccentricity and cladding diameter, ferrule fibre hole size, concentricity, tilt relative to the ferrule outside diameter, and fit of the ferrule within the alignment sleeve.

For a given performance grade, propagation of the individual tolerances in a worst-case condition generally results in overly restrictive controls on the fibre, ferrule, and alignment sleeve system. Therefore, statistical tolerance methods have been adopted for the development of the optical interface. Estimated attenuation thresholds are placed on two statistical values: the mean and the 97th percentile of the distribution of random-mate connections. The attenuation distributions can be computed analytically from parameterized probability density functions or using approaches such as Monte Carlo techniques.

The distributions and related statistical values (i.e. mean and 97th percentile) in this document are valid for the entire population of random-mate connections.

The actual distributions of attenuation and the related statistical values (i.e. mean and 97th percentile) can deviate from the simulated ones in this document for two main reasons:

- 1) Batch effects in production of fibres and ferrules are encountered leading to different attenuation populations.
- 2) Samples from an attenuation population are drawn and evaluated (e.g. a small-size production lot of terminated assemblies).

Using the estimated attenuation population given in the document, confidence intervals for both related statistical values (i.e. mean and 97th percentile) can be computed.

The attenuation, η_{combined} , between mating fibres, is based on a Gaussian beam approximation for the distribution of the incident light and is given by Formula (C.1).

$$\eta_{\text{combined}} = -10 \log_{10} \left[\frac{(2\omega_2\omega_1)^2}{(\omega_2^2 + \omega_1^2)^2} \exp \left[\frac{-2 \cdot d^2}{\omega_2^2 + \omega_1^2} - 2\pi^2 \frac{n_0^2}{\lambda^2} \frac{(\omega_2^2 \omega_1^2)}{(\omega_2^2 + \omega_1^2)} \sin^2(\theta) \right] \right] \quad (\text{C.1})$$

where

d is the total lateral offset,

θ is the angular offset between fibre core axes,

λ is the wavelength of transmitted light in vacuum,

n_0 is the index of refraction of the fibre core,

ω_1 is the transmit fibre mode field radius,

ω_2 is the receive fibre mode field radius.

Based on IEC 60793-2-50 family specification for single-mode dispersion unshifted fibres category B, the fibre mode field diameter (MFD) range and the nominal index of refraction of the fibre cores are given in Table C.1.

Table C.1 – MFD and fibre core nominal index of refraction

Fibre type	Nominal wavelength [nm]	Nominal MFD [μm]	n_0 (core)
IEC 60793-2-50 category B fibres	1 310	8,6 to 9,2	1,452 0

For the purpose of modelling connector plug performance, a Gaussian modal mode field diameter distribution is used with a centre at 8,9 μm and standard deviation of 0,23 μm . The rationale for this assumption is to provide a conservative treatment of the parameter limits based on modern, bending-loss insensitive fibres that generally fall within the lower end of the mode field diameter range. When legacy fibres are considered, with a nominal mode field diameter typically centred around 9,2 μm , incrementally lower attenuation can be achieved. However, the magnitude of this improvement is largely minor in comparison to the defined performance grade limits. The mode field distribution chosen is highlighted in Figure C.1.

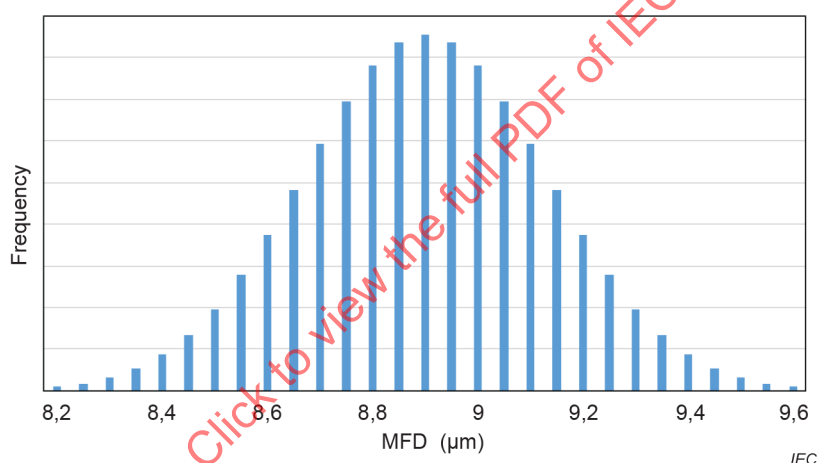
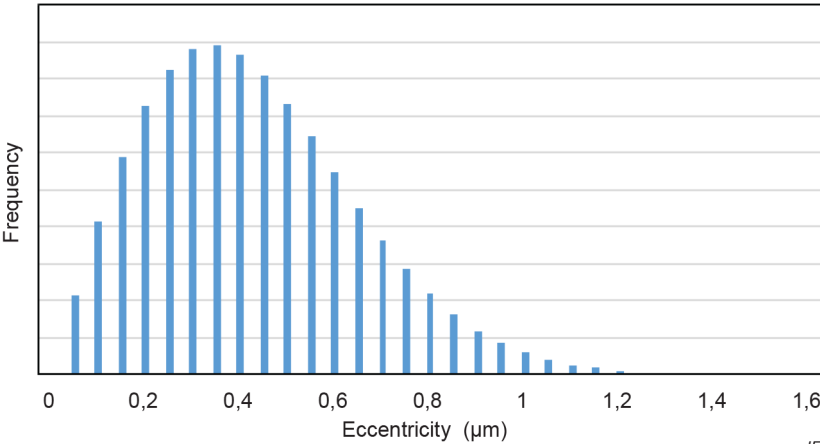


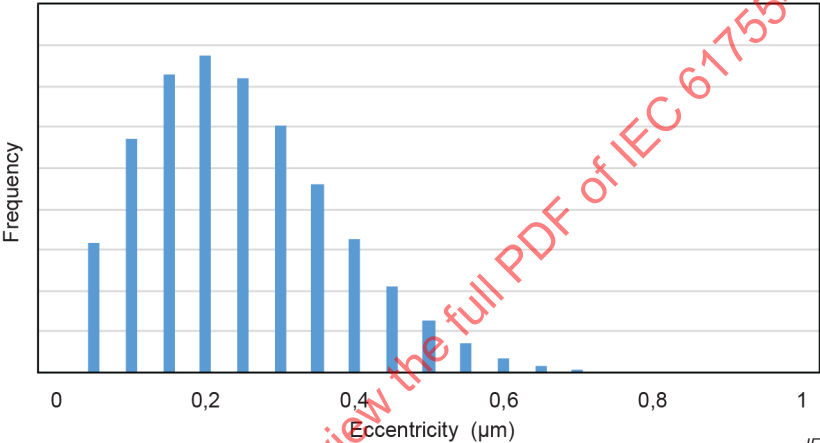
Figure C.1 – MFD distribution used in the design curve calculation

As noted previously, an accumulation of tolerances, including the eccentricity of a fibre core, fit of the fibre within a ferrule bore, and concentricity of the ferrule bore relative to the ferrule outside diameter, results in a net lateral misalignment. To assure a common level of performance, while providing manufacturing flexibility, only the net misalignment of a fibre core with respect to the optical datum target of a ferrule is specified. This provides producers freedom in selecting component tolerances, while still maintaining compliance with the limits defined within this specification.

Each of the individual offset tolerances are treated as Gaussian to allow linear combinations random variables to be applied. The result is a two-dimensional offset distribution in (x, y) with a bivariate normal shape. Furthermore, a multivariate transformation can be made between rectangular and polar coordinates by computing the Jacobian determinant. The result is a Rayleigh-shaped fibre core eccentricity distribution, combined with a uniform distribution for the azimuthal angle of this radial offset. An example frequency plot for a typical Grade B optical interface is shown in Figure C.2. Similar practices can be applied for the net angular offset, as illustrated in Figure C.3.



a) Variant 1



b) Variant 2

Figure C.2 – Resultant fibre core to ferrule eccentricity distribution for Grade B attenuation

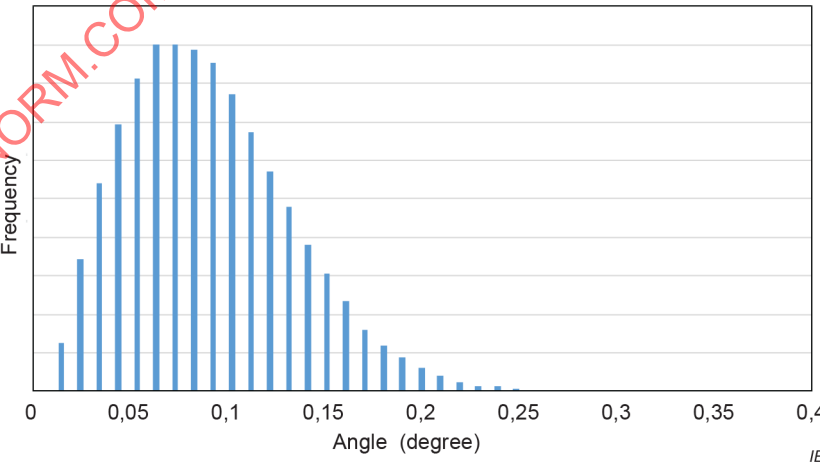
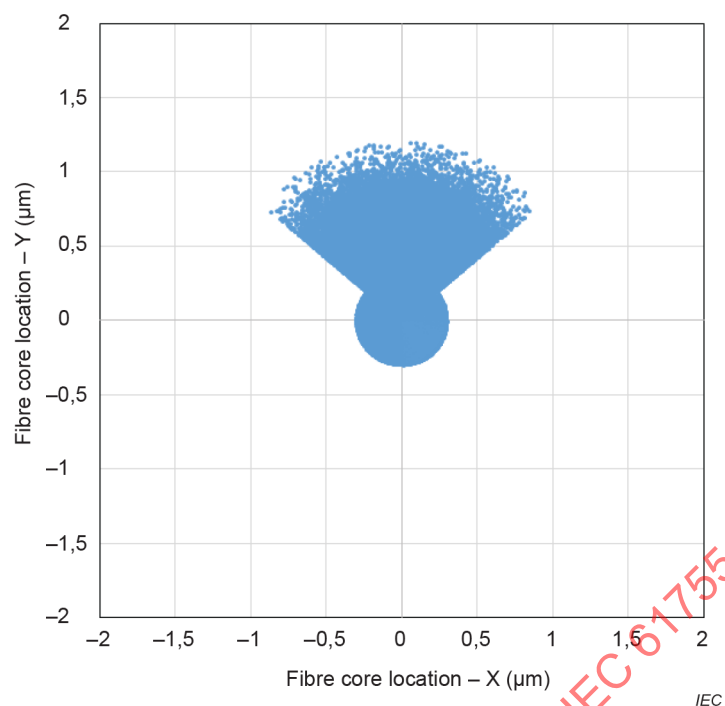


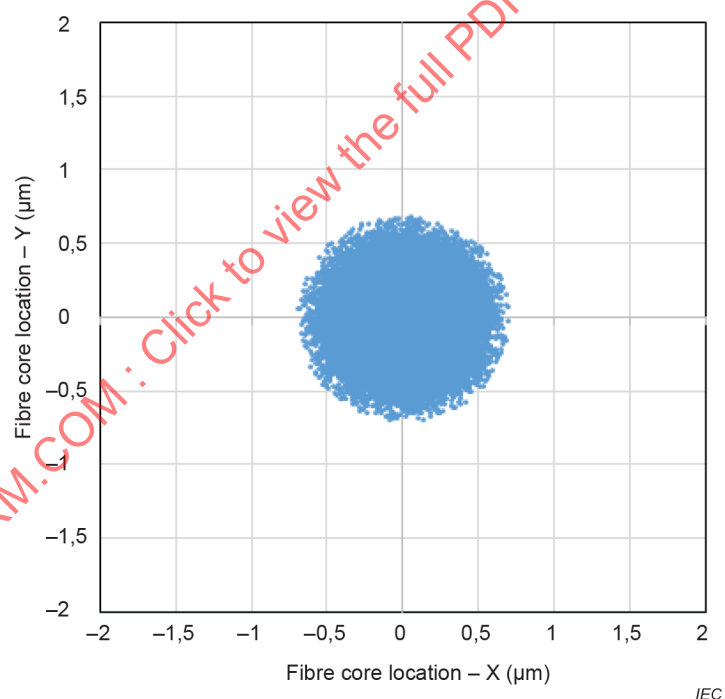
Figure C.3 – Resultant fibre angle distribution for Grade B attenuation

When an optical interface is oriented, the lateral offset of a given plug is tuned into the keyhole area described previously in Figure 2 a) of this document. A nominal tuning sector of $\pm 45^\circ$ from the connector polarity key is generally considered (4-position tuning), with an additional 10° total tolerance on the angle to account for random uncertainty of the tuning angle boundaries; thus, yielding a $\pm 50^\circ$ limit. The central diameter of the keyhole geometry indicates radial offsets which are well centred and do not require tuning. This threshold could be identified via attenuation measurement screening against a reference cord or visual inspection using microscopy. A scatter plot showing a simulated population of fibre core deviation from the optical datum target is shown in Figure C.4 for both variants.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61755-3-1:2024



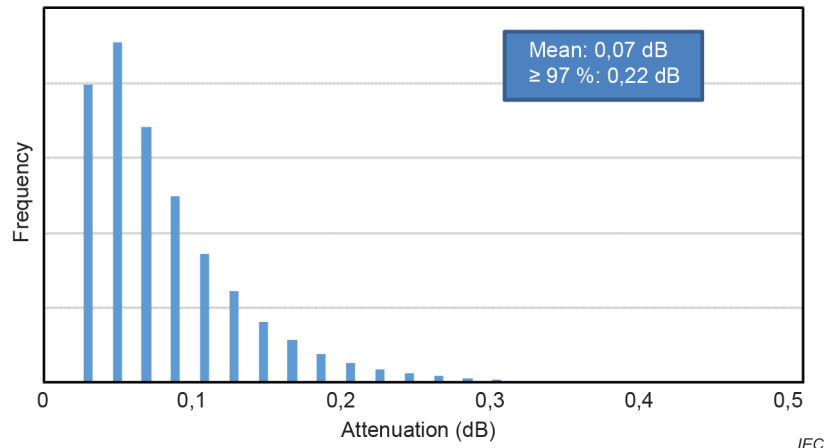
a) Variant 1



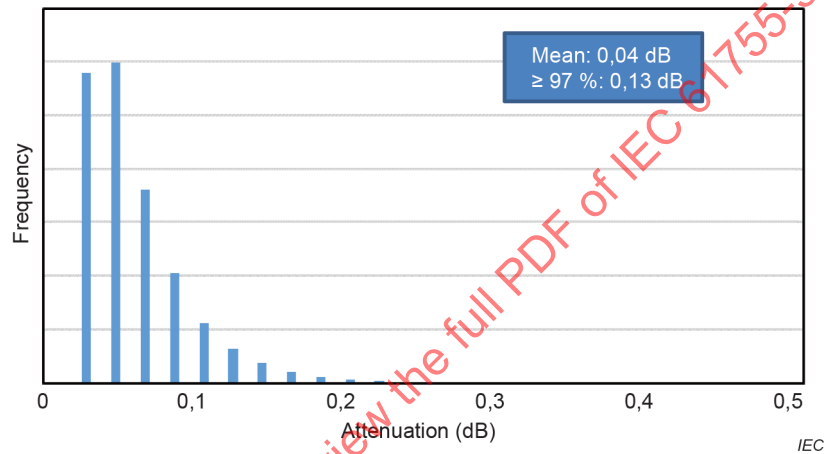
b) Variant 2

Figure C.4 – Scatterplot of fibre core eccentricities for Grade B attenuation

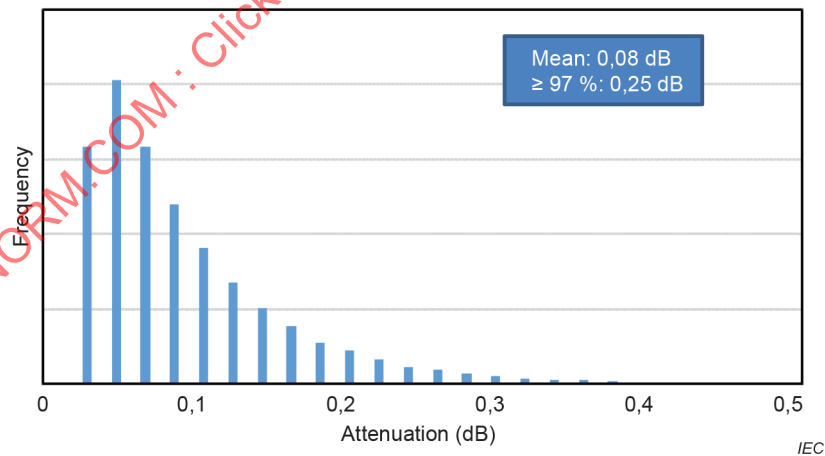
Based on the various dimensional parameters, the attenuation at the optical interface is finally found. This is illustrated for a Grade B optical interface in Figure C.5.



a) Variant 1



b) Variant 2



c) Variant 1 to Variant 2

Figure C.5 – Histogram indicating attenuation distribution of a Grade B optical interface, Variant 1 to Variant 2

Annex D (informative)

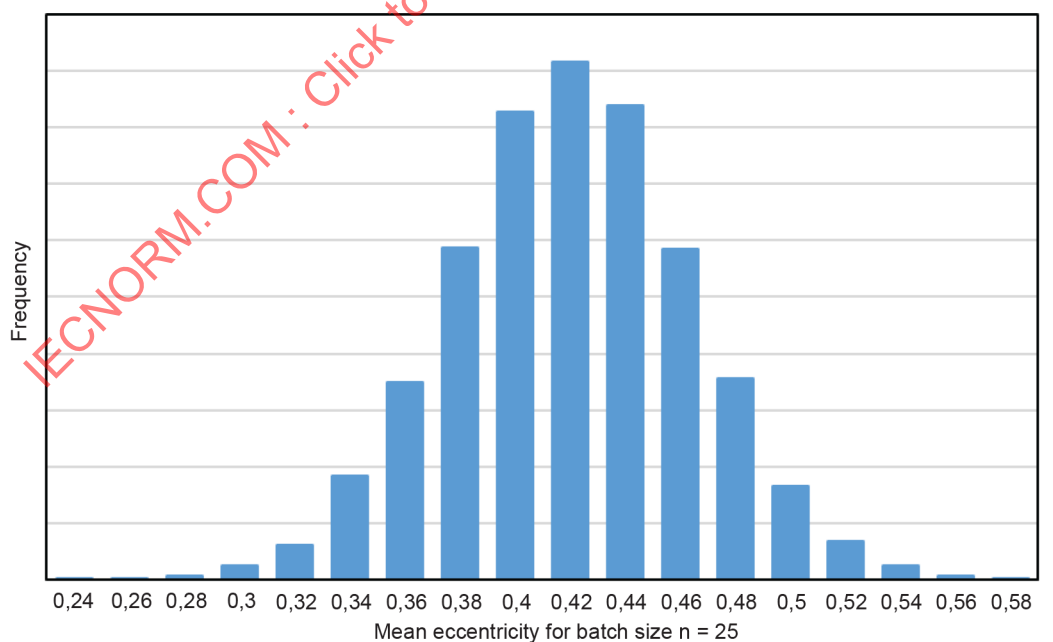
Estimation of average fibre core eccentricity limits as a function of batch size

To assure optical performance of randomly mated connectors, the distributions of the various geometric interface dimensions should be controlled. Fibre core eccentricity, which has a dominant influence on connection loss is constrained by a maximum tolerance limit as well as a requirement for the population mean in Table 1 and Table 2. This control of the mean is an important parameter, which provides confidence that the statistical values (i.e. mean and 97 % percentile) for the defined attenuation grades are satisfied. While the use of statistical process control (SPC) is not a requirement for the compliance of products, manufacturers should be able to demonstrate with a reasonable level of confidence that their production conforms to the population mean limit. One possible method of establishing this is described within this annex.

Given normal production practices, it is reasonable to select batch sizes to estimate bounds on the allowable average fibre core eccentricity range. The standard error of the mean, $\sigma_{\bar{x}}$, can be expressed as

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (\text{D.1})$$

where σ is the population standard deviation and n is the batch size. This provides a measure of the dispersion of batch means around the population mean. The histogram illustrated in Figure D.1 shows an example distribution of batch means for a size of 25. It should be noted that the shape approximates a Gaussian distribution as established by the central limit theorem.



IEC

Figure D.1 – Example histogram showing fibre core eccentricity mean distribution for Grade B Variant 1 interfaces with a batch size of 25

Selection of an appropriate batch size is dependent on a manufacturer's production runs. In general, increasing the batch size will decrease the standard error of the mean; where the variance trends towards zero as the batch size increases. To specify a production limit on the allowable mean for a given batch size, a confidence interval maximum of $3\sigma_{\bar{x}}$ can be used. Therefore, the maximum allowable average fibre core eccentricity, $\bar{x}_{max}$, for a given batch size can be expressed as

$$\bar{x}_{max} = \mu + 3\sigma_{\bar{x}} \quad (\text{D.2})$$

where, μ is the population mean limit defined in the optical interface parameter grade tables (Table 1 and Table 2). The recommended maximum allowable average fibre core eccentricity for various batch sizes is given in Table D.1

Table D.1 – Maximum allowable average fibre core eccentricity limit for different batch sizes

Batch size	$\bar{x}_{max}$ (µm)				
	Grade B		Grade C		Grade D
	Variant 1	Variant 2	Variant 1	Variant 2	Variant 2
10	0,6	0,4	0,8	0,7	0,9
100	0,5	0,3	0,6	0,5	0,7
1 000	0,4	0,3	0,6	0,5	0,6

As described in Annex C, the actual attenuation statistics can deviate from the simulated estimate due to batch effects and samples being randomly drawn from a population. This is largely due to variation in the individual fibre core eccentricity values for a given sample size. An illustrative example of batch effects for different size batches of Grade B Variant 1 connectors is given in Figure D.2. In this plot, individual connector measurements are shown, along with the corresponding actual mean of a batch, the mean limit, and maximum tolerance. All these lots would be accepted since the actual batch means are below their mean limits and the single connector measurements are less than the maximum eccentricity threshold.

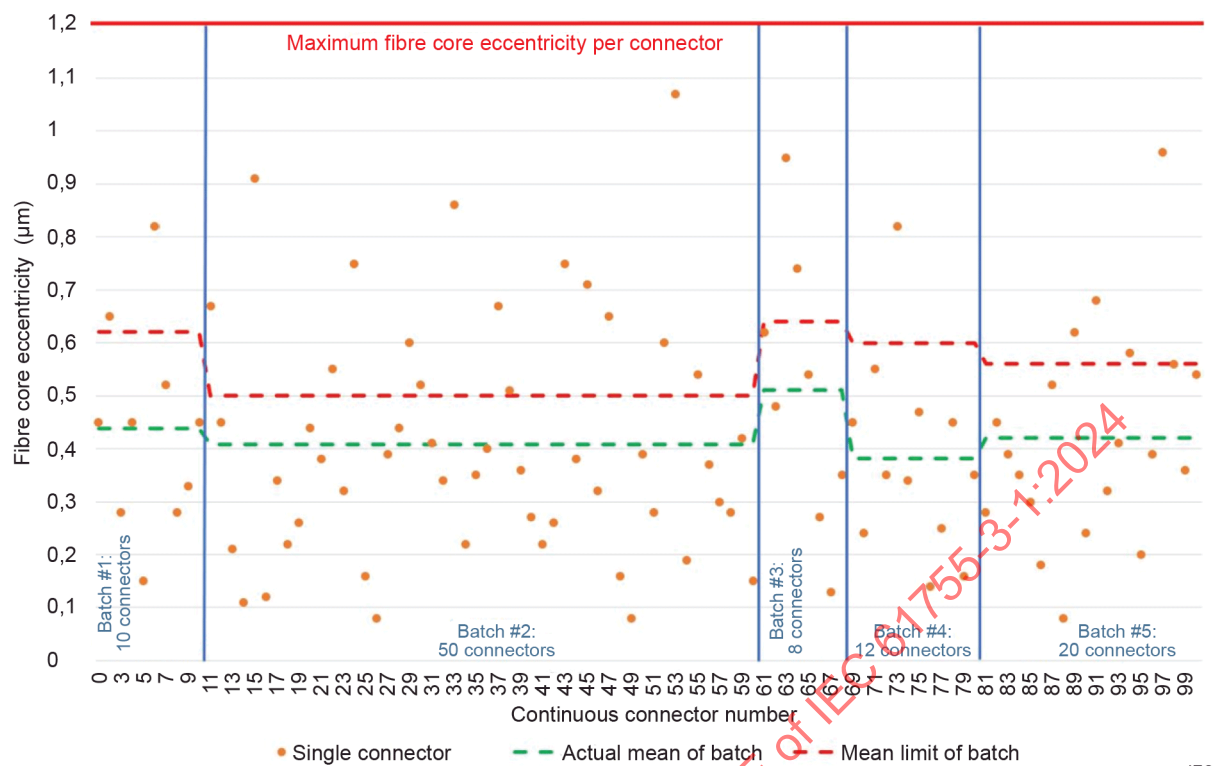


Figure D.2 – Illustrative run chart of fibre core eccentricity for different batch sizes which all conform to the mean and maximum limits

Bibliography

IEC 61300-3-47, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-47: Examinations and measurements – End face geometry of PC/APC spherically polished ferrules using interferometry*

IEC 61753-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Performance standard – Part 1: General and guidance*

IEC 61754 (all parts), *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Fibre optic connector interfaces*

IEC 61755-2-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Connector optical interfaces for single-mode fibres – Part 2-1: Connection parameters of dispersion unshifted physically contacting fibres – Non-angled*

IEC 61755-2-4, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Connector optical interfaces – Part 2-4: Connection parameters of non-dispersion shifted single-mode physically contacting fibres – Non-angled for reference connection applications*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61755-3-1:2024

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61755-3-1:2024

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	28
1 Domaine d'application	31
2 Références normatives	31
3 Termes et définitions	31
4 Description	31
5 Paramètres d'interface	32
Annexe A (informative) Enfoncement sphérique maximal admissible de la fibre	37
Annexe B (informative) Affaiblissement attendu à l'accouplement avec les fiches d'un connecteur de référence	39
Annexe C (informative) Recommandations relatives à la simulation de l'affaiblissement de l'interface optique	40
Annexe D (informative) Estimation des limites moyennes d'excentricité du cœur de fibre en fonction de la taille du lot	46
Bibliographie.....	49
Figure 1 – Dimensions de l'extrémité de la fiche de connecteur	33
Figure 2 – Exigences géométriques concernant l'emplacement du cœur de la fibre après raccordement	33
Figure 3 – Dimensions de la ferrule	36
Figure A.1 – Enfoncement admissible en fonction du rayon d'extrémité et du décalage du sommet – Force de contact minimale de 4,9 N	38
Figure A.2 – Enfoncement admissible en fonction du rayon d'extrémité et du décalage du sommet – Force de contact minimale de 2,9 N	38
Figure C.1 – Distribution du MFD utilisée pour le calcul de la courbe théorique	41
Figure C.2 – Distribution résultante de l'excentricité du cœur de fibre jusqu'à la ferrule pour un affaiblissement de Classe B	42
Figure C.3 – Distribution résultante de l'angle de la fibre pour un affaiblissement de Classe B	43
Figure C.4 – Nuage de points des excentricités de cœur de fibre pour un affaiblissement de Classe B	44
Figure C.5 – Histogramme indiquant la distribution de l'affaiblissement d'une interface optique de Classe B, Variante 1/Variante 2	45
Figure D.1 – Exemple d'histogramme montrant la distribution moyenne de l'excentricité du cœur de fibre pour les interfaces de la Variante 1 de Classe B avec une taille de lot de 25 individus.....	46
Figure D.2 – Graphique d'exécution représentant l'excentricité du cœur de la fibre pour différentes tailles de lots qui sont toutes conformes aux limites moyennes et maximales	48
Tableau 1 – Valeurs des paramètres d'interfaces optiques pour des ferrules de 2,5 mm de diamètre	34
Tableau 2 – Valeurs des paramètres d'interfaces optiques pour des ferrules de 1,25 mm de diamètre	35
Tableau 3 – Valeurs des paramètres d'interfaces optiques pour des ferrules PC.....	36
Tableau B.1 – Statistiques descriptives lorsque les classes de performances sont accouplées à une interface de référence de Classe R1	39

Tableau C.1 – MFD et indice de réfraction nominal du cœur	41
Tableau D.1 – Limite d'excentricité moyenne maximale admissible du cœur de fibre pour différentes tailles de lots	47

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61755-3-1:2024

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS D'INTERCONNEXION ET
COMPOSANTS PASSIFS FIBRONIQUES –
INTERFACES OPTIQUES DE CONNECTEURS –****Partie 3-1: Paramètres des connecteurs pour fibres unimodales
à dispersion non décalée en contact physique – Ferrules cylindriques
sans angle en zircone pleine de 2,5 mm et 1,25 mm de diamètre**

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'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC [avait/n'avait pas] reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevet.

L'IEC 61755-3-1 a été établie par le sous-comité 86B: Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2006. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) l'ajout de références normatives;
- b) l'introduction d'une interface optique supplémentaire avec un profil d'excentricité du cœur de la fibre différent. La précédente révision de la norme relative aux interfaces optiques est désignée "Variante 1: avec l'axe de cœur de la fibre orienté vers le détrompeur du connecteur". L'interface optique supplémentaire est désignée "Variante 2: avec l'axe de cœur de la fibre non orienté vers le détrompeur du connecteur";
- c) l'ajout de mentions liées à l'interopérabilité, où les deux variantes restent compatibles dans une classe de performance donnée et rétrocompatibles par rapport à l'IEC 61755-3-1:2006;
- d) l'ajout d'exigences relatives aux interfaces de Classes B et C pour les deux variantes;
- e) l'ajout d'une statistique descriptive pour l'excentricité moyenne du cœur de fibre (valeur moyenne) pour décrire la distribution de l'excentricité du cœur de la fibre afin d'assurer l'interopérabilité;
- f) l'ajout d'une nouvelle Annexe B, informative, pour fournir des recommandations concernant l'affaiblissement attendu lors de l'accouplement avec une fiche de connecteur de référence;
- g) l'ajout d'une nouvelle Annexe C, informative, pour fournir des recommandations liées à la simulation de l'affaiblissement de l'interface optique;
- h) l'ajout d'une nouvelle Annexe D, informative, pour fournir des recommandations liées à l'estimation des limites d'excentricité moyenne de la fibre pour des tailles de lots de production limitées.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
86B/4863/FDIS	86B/4889/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61755, publiées sous le titre général *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs fibroniques – Interfaces optiques avec connecteurs pour fibres unimodales*, se trouve sur le site Web de l'IEC.

Les futurs documents de cette série porteront le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des documents qui existent déjà dans cette série sera mis à jour lors de leur prochaine édition.

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 webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61755-3-1:2024

DISPOSITIFS D'INTERCONNEXION ET COMPOSANTS PASSIFS FIBRONIQUES – INTERFACES OPTIQUES DE CONNECTEURS –

Partie 3-1: Paramètres des connecteurs pour fibres unimodales à dispersion non décalée en contact physique – Ferrules cylindriques sans angle en zircone pleine de 2,5 mm et 1,25 mm de diamètre

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61755 spécifie les limites dimensionnelles des interfaces optiques à respecter pour que les connecteurs optiques à fibres unimodales équipés de ferrules cylindriques en zircone (ZrO_2) d'un diamètre de 2,5 mm ou 1,25 mm répondent aux exigences particulières d'une interconnexion fibre à fibre telles que définies dans l'IEC 61755-2-1.

Les ferrules constituées du matériau spécifié dans le présent document sont adaptées à une utilisation dans tous les environnements de service définis dans l'IEC 61753-1.

Les dimensions et les caractéristiques des ferrules sont spécifiées dans les normes d'interfaces de connecteurs fibroniques de la série IEC 61754.

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 61755-1, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs fibroniques – Interfaces optiques avec connecteurs pour fibres unimodales – Partie 1: Interfaces optiques pour fibres à dispersion non décalée – Généralités et recommandations*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'IEC 61755-1 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 <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

4 Description

La performance d'une interface optique pour une ferrule cylindrique en contact physique (PC) est déterminée par l'alignement des cibles de référence optique de deux ferrules d'accouplement. Trois conditions peuvent affecter l'alignement de deux cibles de référence optique: le décalage latéral, le décalage angulaire et le décalage longitudinal.

Les paramètres influençant le décalage latéral et le décalage angulaire des axes de fibres optiques incluent:

- le diamètre extérieur de la ferrule;
- la concentricité de l'orifice de la ferrule par rapport au diamètre extérieur de la ferrule;
- l'angle de l'orifice de la ferrule par rapport à l'axe du diamètre extérieur de la ferrule;
- le diamètre de la gaine de fibre par rapport au diamètre de l'orifice de la ferrule;
- la concentricité du cœur de la fibre par rapport au diamètre de la gaine de fibre;
- l'orientation du cœur de la fibre par rapport au détrompeur du connecteur;
- le diamètre intérieur du manchon d'alignement.

Les paramètres influençant les exigences relatives à la déformation de l'extrémité de la fiche de connecteur pour maintenir le contact physique entre les ferrules dans le cadre d'une connexion accouplée, sont les suivants:

- le rayon sphérique d'extrémité;
- le décalage du sommet du rayon sphérique d'extrémité;
- l'enfoncement de la fibre;
- la force axiale sur l'extrémité de la ferrule;
- les constantes physiques des matériaux de la fibre et de la ferrule;
- la force de friction du manchon d'alignement.

5 Paramètres d'interface

Les dimensions de l'extrémité des fiches de connecteur raccordées représentées à la Figure 1 et à la Figure 2 montrent la position géométrique du cœur de la fibre pour deux variantes alternatives. Ces variantes d'emplacement du cœur assurent la compatibilité d'accouplement entière entre la Variante 1 et la Variante 2 comme défini dans l'IEC 61755-1. De plus, les deux variantes produites conformément au présent document sont entièrement rétrocompatibles avec la Classe B de l'IEC 61755-3-1:2006.

Les dimensions de la ferrule sont définies à la Figure 3. Les exigences relatives aux paramètres sont détaillées dans le Tableau 1, le Tableau 2 et le Tableau 3.

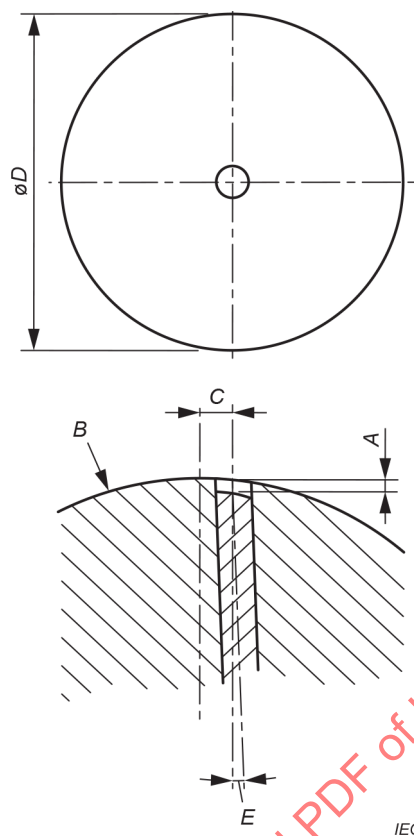
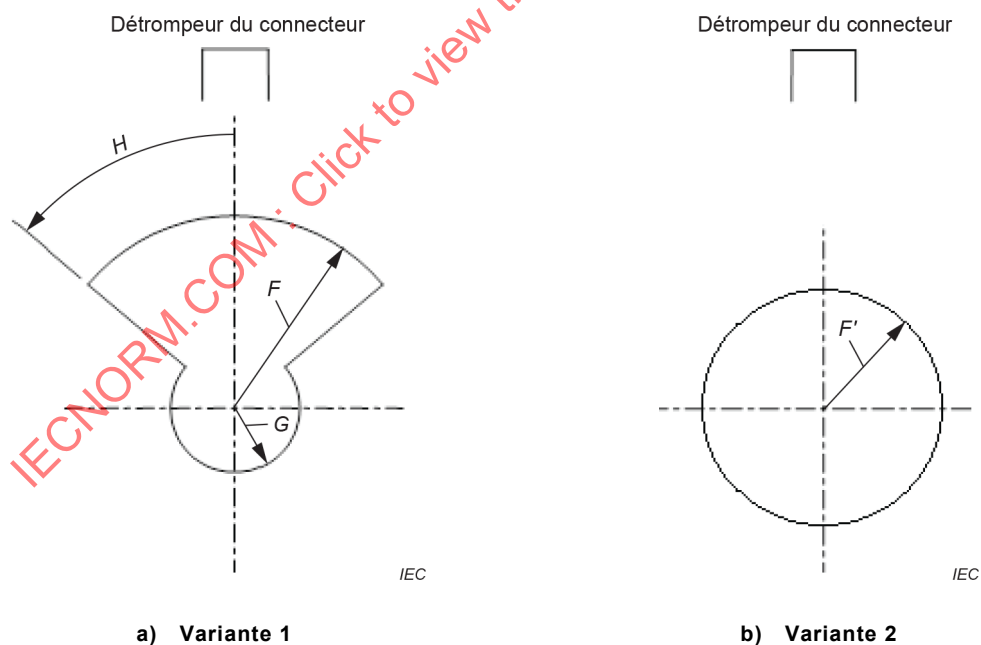


Figure 1 – Dimensions de l'extrémité de la fiche de connecteur



NOTE F , F' , G et H définissent les limites des coordonnées radiales et angulaires de l'axe de cœur de la fibre optique par rapport à la cible de référence optique de la ferrule.

Figure 2 – Exigences géométriques concernant l'emplacement du cœur de la fibre après raccordement

Tableau 1 – Valeurs des paramètres d’interfaces optiques pour des ferrules de 2,5 mm de diamètre

Réf.	Valeurs des paramètres								Unité	Notes
	Classe A		Classe B		Classe C		Classe D			
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
A ^b			-100	a	-100	a	-100	a	nm	Enfoncement ou excroissance de la fibre
B			5	30	5	30	5	30	mm	Rayon sphérique
C			0	50	0	50	0	50	µm	Décalage du sommet
D			2,498 5	2,499 5	2,498 5	2,499 5	2,498 5	2,499 5	mm	Diamètre extérieur de la ferrule
E			0	0,2	0	0,3	0	0,6	°	Angle de l'axe de la fibre
F			0	1,2 ^c	0	1,5 ^d	Non Applicable		µm	Rayon, voir Figure 2 a)
F'			0	0,7 ^e	0	1,2 ^f	0	1,6 ^g	µm	Rayon, voir Figure 2 b)
G			0	0,3	0	0,3	Non Applicable		µm	Rayon, voir Figure 2 a)
H			0	50	0	50	Non Applicable		°	Voir Figure 2 a)

NOTE 1 Les valeurs de positionnement du cœur (F, F', G, H) et de l'angle d'inclinaison (E) définies dans le présent document ont été calculées de sorte que les valeurs d'affaiblissement spécifiées dans l'IEC 61755-2-1 sont vérifiées dans tous les cas (voir Annexe C). Les recommandations sur les valeurs d'affaiblissement attendues à l'accouplement avec une fiche de connecteur de référence sont données à l'Annexe B.

NOTE 2 Les variantes 1 [Figure 2 a)] et 2 [Figure 2 b)] d'excentricité du cœur sont destinées à être entièrement compatibles pour une classe de performances donnée, telle que définie dans l'IEC 61755-1.

NOTE 3 La Classe A est réservée pour une utilisation ultérieure.

NOTE 4 Les classes d'affaiblissement sont définies dans l'IEC 61755-1.

NOTE 5 Voir l'Annexe D pour obtenir des informations sur l'estimation des limites d'excentricité moyenne du cœur de fibre en fonction de la taille du lot. La taille du lot peut être changée conformément aux recommandations de l'Annexe D. Il convient de mentionner la taille du lot dans le rapport.

NOTE 6 Se reporter à l'IEC 61300-3-47 pour la mesure par interférométrie de la géométrie de l'extrémité des ferrules PC polies de façon sphérique.

NOTE 7 Pour tenir compte de l'incertitude des mesures d'excentricité du cœur de fibre, les limites et les valeurs moyennes sont arrondies à un chiffre significatif après la virgule.

^a Force de contact: 4,9 N nominal. Matériau de la ferrule: zircone (ZrO₂) stabilisée à l'yttrium 3 % mol. Valeurs nominales des constantes physiques du matériau: module de Young, (200 ± 20) GPa, coefficient de Poisson, 0,30 à 0,31. Voir Annexe A pour les détails.

$$A_{\text{maximum}} = 1\,988 \cdot B^{(-0,795)} - B \cdot 10^6 + \left(\sqrt{B^2 \cdot 10^6 - C^2} \right) \cdot 10^3 - 60$$

^b Une valeur négative de A indique une excroissance de fibre.

^c La distribution de l'excentricité du cœur de fibre doit avoir une moyenne inférieure ou égale à 0,4 µm. Voir Note 5.

^d La distribution de l'excentricité du cœur de fibre doit avoir une moyenne inférieure ou égale à 0,6 µm. Voir Note 5.

^e La distribution de l'excentricité du cœur de fibre doit avoir une moyenne inférieure ou égale à 0,3 µm. Voir Note 5.

^f La distribution de l'excentricité du cœur de fibre doit avoir une moyenne inférieure ou égale à 0,5 µm. Voir Note 5.

^g La distribution de l'excentricité du cœur de fibre doit avoir une moyenne inférieure ou égale à 0,6 µm. Voir Note 5.

Tableau 2 – Valeurs des paramètres d’interfaces optiques pour des ferrules de 1,25 mm de diamètre

Réf.	Valeurs des paramètres								Unité	Notes
	Classe A		Classe B		Classe C		Classe D			
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
<i>A</i> ^b			-100	a	-100	a	-100	a	nm	Enfoncement ou excroissance de la fibre
<i>B</i>			5	30	5	30	5	30	mm	Rayon sphérique
<i>C</i>			0	50	0	50	0	50	µm	Décalage du sommet
<i>D</i>			1,248 5	1,249 5	1,248 5	1,249 5	1,248 5	1,249 5	mm	Diamètre extérieur
<i>E</i>			0	0,2	0	0,3	0	0,6	°	Angle de l'axe de la fibre
<i>F</i>			0	1,2 ^c	0	1,5 ^d	Non Applicable		µm	Rayon, voir Figure 2 a)
<i>F'</i>			0	0,7 ^e	0	1,2 ^f	0	1,6 ^g	µm	Rayon, voir Figure 2 b)
<i>G</i>			0	0,3	0	0,3	Non Applicable		µm	Rayon, voir Figure 2 a)
<i>H</i>			0	50	0	50	Non Applicable		°	Voir Figure 2 a)

NOTE 1 Les valeurs de positionnement du cœur (F , F' , G , H) et de l'angle d'inclinaison (E) définies dans le présent document ont été calculées de sorte que les valeurs d'affaiblissement spécifiées dans l'IEC 61755-2-1 sont vérifiées dans tous les cas (voir Annexe C). Les recommandations sur les valeurs d'affaiblissement attendues à l'accouplement avec une fiche de connecteur de référence sont données à l'Annexe B.

NOTE 2 Les variantes 1 [Figure 2 a)] et 2 [Figure 2 b)] d'excentricité du cœur sont destinées à être entièrement compatibles pour une classe de performances donnée, telle que définie dans l'IEC 61755-1.

NOTE 3 La Classe A est réservée pour une utilisation ultérieure.

NOTE 4 Les classes d'affaiblissement sont définies dans l'IEC 61755-1.

NOTE 5 Voir l'Annexe D pour obtenir des informations sur l'estimation des limites d'excentricité moyenne du cœur de fibre en fonction de la taille du lot. La taille du lot peut être changée conformément aux recommandations de l'Annexe D. Il convient de mentionner la taille du lot dans le rapport.

NOTE 6 Se reporter à l'IEC 61300-3-47 pour la mesure par interférométrie de la géométrie de l'extrémité des ferrules PC polies de façon sphérique.

NOTE 7 Pour tenir compte de l'incertitude des mesures d'excentricité du cœur de fibre, les limites et les valeurs moyennes sont arrondies à un chiffre significatif après la virgule.

^a Force de contact: 2,9 N nominal. Matériau de la ferrule: zircon (ZrO₂) stabilisée à l'yttrium 3 % mol. Valeurs nominales des constantes physiques du matériau: module de Young, (200 ± 20) GPa, coefficient de Poisson, 0,30 à 0,31. Voir Annexe A pour les détails.

$$A_{\text{maximum}} = 1\,798 \cdot B^{(-0,795)} - B \cdot 10^6 + \left(\sqrt{B^2 \cdot 10^6 - C^2} \right) \cdot 10^3 - 60$$

b Une valeur négative de A indique une excroissance de fibre.

^c La distribution de l'excentricité du cœur de fibre doit avoir une moyenne inférieure ou égale à 0,4 µm. Voir Note 5.

^d La distribution de l'excentricité du cœur de fibre doit avoir une moyenne inférieure ou égale à 0.6 µm. Voir Note 5.

^e La distribution de l'excentricité du cœur de fibre doit avoir une moyenne inférieure ou égale à 0.3 µm. Voir Note 5.

^f La distribution de l'excentricité du cœur de fibre doit avoir une moyenne inférieure ou égale à 0.5 µm. Voir Note 5.

⁹ La distribution de l'excentricité du cœur de fibre doit avoir une moyenne inférieure ou égale à 0,6 µm. Voir Note 5.

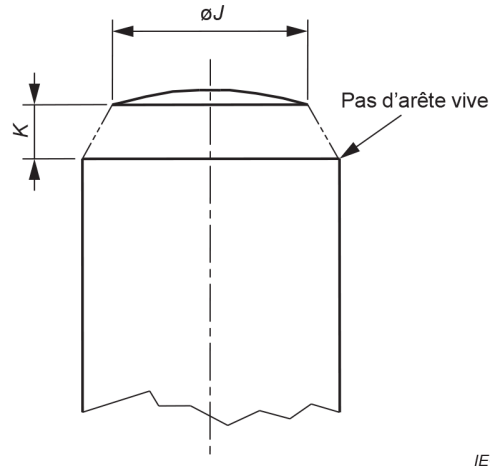


Figure 3 – Dimensions de la ferrule

Tableau 3 – Valeurs des paramètres d'interfaces optiques pour des ferrules PC

Réf.	Valeurs des paramètres des ferrules de 2,5 mm de diamètre		Valeurs des paramètres des ferrules de 1,25 mm de diamètre		Notes
	Min. mm	Max. mm	Min. mm	Max. mm	
$\varnothing J$	0,8	-	0,6	-	Diamètre
K	-	1,8	-	1,0	

Annexe A (informative)

Enfoncement sphérique maximal admissible de la fibre

L'enfoncement sphérique maximal admissible de la fibre A_{maximum} (voir Figure A.1 et Figure A.2) est déterminé par l'interaction des paramètres influençant le décalage longitudinal des axes de la fibre optique, tel que défini par la Formule (A.1).

$$A_{\text{maximum}} = k_1 \cdot B^{k_2} - B \cdot 10^6 + \left(\sqrt{B^2 \cdot 10^6 - C^2} \right) \cdot 10^3 - D_{\text{DTE}} - D_{\text{PFW}} \quad (\text{A.1})$$

où

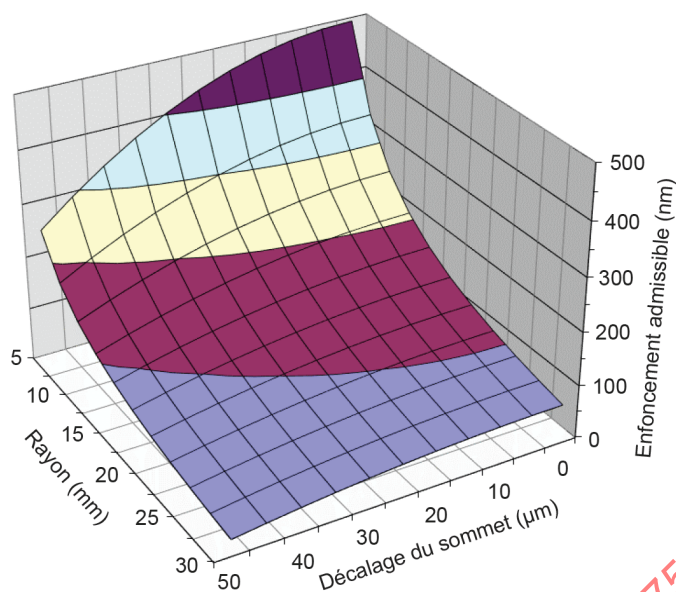
- A_{maximum} est l'enfoncement sphérique maximal par contact physique (nm);
- k_1 est le coefficient lié à la force de contact et aux propriétés du matériau de la ferrule;
- k_2 est l'exposant lié à la force de contact et aux propriétés du matériau de la ferrule;
- B est le rayon sphérique d'extrémité (mm);
- C est le décalage du sommet par rapport à l'axe de la fibre (μm);
- D_{DTE} est la dilatation thermique différentielle entre le matériau de la ferrule et la fibre en silice, à la température de fonctionnement maximale (nm);
- D_{PFW} est le retrait permanent de la fibre qui dépasse le mouvement transitoire présumé de la fibre par les trois premiers termes de la Formule (A.1) (nm).

La déformation d'extrémité en fonction de la force de contact, du rayon d'extrémité et des propriétés du matériau est exprimée par la Formule (A.2):

$$k_1 \cdot B^{k_2} \quad (\text{A.2})$$

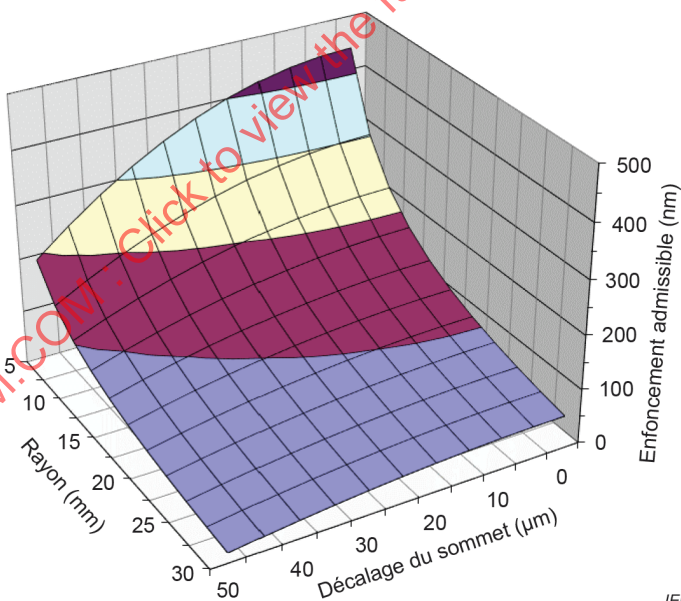
La compensation géométrique pour le décalage du sommet de la ferrule par rapport à l'axe de la fibre est déterminée d'après la Formule (A.3):

$$B \cdot 10^6 + \left(\sqrt{B^2 \cdot 10^6 - C^2} \right) \cdot 10^3 \quad (\text{A.3})$$



$$A_{\text{maximum}} = 1\,988 \cdot B^{(-0,795)} - B \cdot 10^6 + \left(\sqrt{B^2 \cdot 10^6 - C^2} \right) \cdot 10^3 - 60$$

Figure A.1 – Enfoncement admissible en fonction du rayon d'extrémité et du décalage du sommet – Force de contact minimale de 4,9 N



$$A_{\text{maximum}} = 1\,798 \cdot B^{(-0,795)} - B \cdot 10^6 + \left(\sqrt{B^2 \cdot 10^6 - C^2} \right) \cdot 10^3 - 60$$

Figure A.2 – Enfoncement admissible en fonction du rayon d'extrémité et du décalage du sommet – Force de contact minimale de 2,9 N

Annexe B (informative)

Affaiblissement attendu à l'accouplement avec les fiches d'un connecteur de référence

La présente annexe décrit l'affaiblissement attendu à l'accouplement entre les fiches de connecteur raccordées et l'interface de référence. L'utilisation de cordons de référence contribue à garantir la cohérence entre les mesures réalisées sur le terrain et en usine.

Les classes de performances définies dans le présent document reposent uniquement sur les paramètres géométriques de l'interface optique qui influent sur le décalage latéral et angulaire. Par conséquent, les mesures d'affaiblissement par rapport à une fiche de connecteur de référence ne constituent pas un substitut à la conformité dimensionnelle d'une interface optique et il convient de ne pas les utiliser pour choisir des fiches de connecteur pour une classe de performance donnée.

Les statistiques descriptives estimées des fiches de connecteur accouplées à des interfaces de référence définies dans l'IEC 61755-2-4 (Classe R1) sont données dans le Tableau B.1. Ces valeurs sont calculées à une longueur d'onde de 1 310 nm à l'aide de la technique de Monte Carlo.

**Tableau B.1 – Statistiques descriptives lorsque les classes de performances
sont accouplées à une interface de référence de Classe R1**

Statistique descriptive	Description	Classe de performance (dB)				
		Variante 1		Variante 2		
		B	C	B	C	D
μ	Moyenne	0,07	0,11	0,04	0,07	0,12
σ	Écart-type	0,05	0,09	0,03	0,06	0,11
0,97	Probabilité > 97 %	0,21	0,34	0,11	0,22	0,38

Lorsque les produits sont filtrés par rapport à une référence, une limite de 99,9 % est appliquée:

- a) Pour la Variante 1, il est recommandé d'utiliser la valeur 0,35 dB pour la limite de la Classe B et la valeur 0,45 dB pour la limite de la Classe C.
- b) Pour la Variante 2, il est recommandé d'utiliser la valeur 0,20 dB pour la limite de la Classe B, la valeur 0,35 dB pour la limite de la Classe C et la valeur 0,65 dB pour la limite de la Classe D.

Ce filtrage peut être utilisé pour vérifier l'absence de modes de défaillance tels que des fibres fracturées, des contraintes mécaniques, des micro- ou macro-courbures (assurant la fonctionnalité optique).

Annexe C (informative)

Recommandations relatives à la simulation de l'affaiblissement de l'interface optique

L'affaiblissement d'une interface optique est influencé par plusieurs paramètres qui, lorsqu'ils sont combinés, entraînent une addition de pertes à la fois intrinsèques (discordance des propriétés des fibres) et extrinsèques (désalignement). Les pertes liées aux fibres ne dépendent pas de la direction et se rapportent aux variations entre les diamètres de champ de mode accouplés. Les pertes induites par un désalignement sont influencées par un décalage latéral et angulaire des axes des fibres optiques. L'alignement des cibles de référence optique de deux ferrules d'accouplement dépend des limites dimensionnelles attendues pour la fibre, la ferrule et le manchon d'alignement, ainsi que des niveaux de tolérance de l'excentricité du cœur de fibre et du diamètre de la gaine, de la taille de l'orifice de la fibre de la ferrule, de la concentricité, de l'inclinaison par rapport au diamètre extérieur de la ferrule, et de l'insertion de la ferrule à l'intérieur du manchon d'alignement.

Pour une classe de performance donnée, la propagation des tolérances individuelles dans la condition la plus défavorable engendre généralement des contrôles excessivement restrictifs sur le système fibre, ferrule et manchon d'alignement. Par conséquent, des méthodes de tolérancement statistiques ont été adoptées pour le développement de l'interface optique. Les seuils d'affaiblissement estimés correspondent à deux valeurs statistiques, la moyenne et le percentile à 97 % de la distribution des connexions accouplées aléatoirement. La distribution de l'affaiblissement peut être calculée par voie analytique, à partir de fonctions de densité de probabilité paramétrées ou à l'aide de méthodes telles que les techniques de Monte Carlo.

Les distributions et les valeurs statistiques associées (c'est-à-dire la moyenne et le percentile à 97 %) dans le présent document sont valides pour l'ensemble de la population des connexions accouplées aléatoirement.

Les distributions réelles de l'affaiblissement et les valeurs statistiques associées (c'est-à-dire la moyenne et le percentile à 97 %) peuvent s'écarter de celles simulées dans le présent document, pour deux raisons principales:

- 1) Des altérations de lots sont constatées dans la production de fibres et de ferrules et engendrent différentes populations d'affaiblissement.
- 2) Des échantillons issus d'une population d'affaiblissement sont prélevés et évalués (par exemple, un petit lot de production d'assemblages raccordés).

Sur la base d'une population d'affaiblissement estimée donnée dans le présent document, il est possible de calculer des intervalles de confiance pour les deux valeurs statistiques associées (c'est-à-dire la moyenne et le percentile à 97 %).

L'affaiblissement, $\eta_{\text{combiné}}$, entre des fibres d'accouplement, repose sur une approximation en faisceau gaussien de la distribution de la lumière incidente et est donné par la Formule (C.1).

$$\eta_{\text{combiné}} = -10 \log_{10} \left[\frac{(2\omega_2\omega_1)^2}{(\omega_2^2 + \omega_1^2)^2} \exp \left[\frac{-2 \cdot d^2}{\omega_2^2 + \omega_1^2} - 2\pi^2 \frac{n_0^2}{\lambda^2} \frac{(\omega_2^2\omega_1^2)}{(\omega_2^2 + \omega_1^2)} \sin^2(\theta) \right] \right] \quad (\text{C.1})$$

où

- d est le décalage latéral total;
- θ est le décalage angulaire entre les axes de cœur de fibre;
- λ est la longueur d'onde de la lumière transmise dans le vide;
- n_0 est l'indice de réfraction du cœur de fibre;
- ω_1 est le rayon du champ de mode de la fibre émettrice;
- ω_2 est le rayon du champ de mode de la fibre réceptrice.

Sur la base des spécifications de l'IEC 60793-2-50 relatives aux fibres unimodales à dispersion non décalée de catégorie B, la plage de diamètres du champ de mode (MFD) et l'indice de réfraction nominal des cœurs de fibres sont donnés dans le Tableau C.1.

Tableau C.1 – MFD et indice de réfraction nominal du cœur

Type de fibre	Longueur d'onde nominale [nm]	MFD nominal [μm]	n_0 (cœur)
Fibres de catégorie B selon l'IEC 60793-2-50	1 310	8,6 à 9,2	1,452 0

Dans le but de modéliser les performances des fiches de connecteurs, une distribution modale gaussienne du diamètre du champ de mode est utilisée avec un centre à 8,9 μm et un écart-type de 0,23 μm. Cette hypothèse se justifie par la fourniture d'un traitement conservatif des limites des paramètres, basées sur des fibres modernes et insensibles aux pertes par courbure, qui correspondent généralement à l'extrémité inférieure de la plage de diamètres du champ de mode. Lorsque les fibres héritées sont étudiées avec un diamètre nominal du champ de mode centré généralement autour de 9,2 μm, un affaiblissement plus faible peut être obtenu. Cependant, l'ampleur de cette amélioration est très mineure comparée aux limites définies pour la classe de performance. La distribution choisie pour le champ de mode est présentée à la Figure C.1.

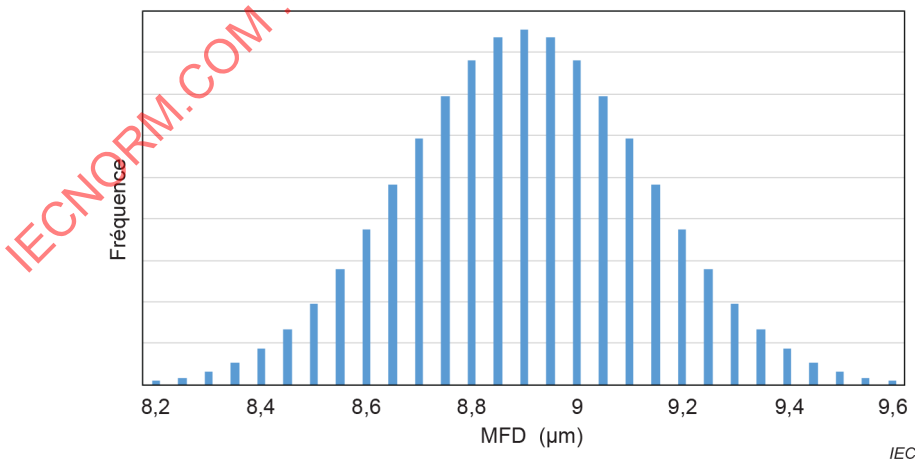


Figure C.1 – Distribution du MFD utilisée pour le calcul de la courbe théorique