

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

End-face image analysis procedure for the calibration of optical fibre geometry test sets

Procédure d'analyse d'image d'extrémité pour l'étalonnage de dispositifs d'essais de géométrie des fibres optiques

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61745:2017



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
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

End-face image analysis procedure for the calibration of optical fibre geometry test sets

Procédure d'analyse d'image d'extrémité pour l'étalonnage de dispositifs d'essais de géométrie des fibres optiques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.180.01

ISBN 978-2-8322-4614-6

**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.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	8
4 General information and preparation for calibration	11
4.1 Geometrical parameters of optical fibres	11
4.2 Description of geometry test sets	11
4.3 Calibration standard requirements	12
5 Calibration.....	12
5.1 General.....	12
5.2 Rationale for calibration of geometry test sets.....	12
5.2.1 General	12
5.2.2 Verification of calibration state.....	13
5.3 Calibration procedure.....	14
5.3.1 General advice and organization.....	14
5.3.2 Test requirements.....	14
5.3.3 Calibration standard requirements	14
5.3.4 Determination of calibration factors.....	14
5.4 Check calibration procedure.....	16
5.5 Spatial linearity	16
5.6 Calibration of core/cladding concentricity error measurement.....	17
5.7 Calibration of non-circularity measurement	17
6 Evaluation of uncertainties	17
6.1 General.....	17
6.2 Evaluation of uncertainty in test set calibration	18
6.2.1 General	18
6.2.2 Uncertainty in scaling factor.....	18
6.2.3 Uncertainty in offset correction factor	19
6.3 Evaluation of uncertainty in fibre measurement	20
6.3.1 General	20
6.3.2 Determination of $u_{Op,I,F}$	21
6.3.3 Determination of $u'_{I,F}$	21
6.4 Evaluation of uncertainty in chromium mask measurement.....	21
6.4.1 General	21
6.4.2 Determination of $u_{Op,I,C}$	21
6.4.3 Determination of $u'_{I,C}$	21
6.5 Summary	22
7 Documentation	22
7.1 Records	22
Annex A (normative) Mathematical basis for measurement uncertainty calculations	23
A.1 General.....	23
A.2 Type A evaluation of uncertainty	23
A.3 Type B evaluation of uncertainty	23
A.4 Determining the combined standard uncertainty.....	24
A.5 Reporting	25

Annex B (informative) Derivation of calibration factors	26
B.1 Derivation of scaling factors	26
B.2 Derivation of correction offset factor	27
Annex C (informative) Examples for the determination of calibration factors	29
C.1 Example of determination of scaling factor	29
C.2 Example of determination of offset correction factor	29
Annex D (informative) Calculation of uncertainties	30
D.1 General	30
D.1.1 Overview	30
D.1.2 Examples of type B evaluation of uncertainty	30
D.2 Combining sources of uncertainty	30
D.2.1 General	30
D.2.2 Example of combining several sources of uncertainty	31
D.3 Student's t distribution	31
Annex E (informative) Worked examples for the determination of uncertainties	33
E.1 General	33
E.2 Example of determination of scaling factor uncertainty	33
E.3 Example of determination of correction offset uncertainty	33
E.4 Example of determination of fibre measurement uncertainty	34
E.5 Example of determination of chromium mask measurement uncertainty	34
Annex F (informative) Generation of working standards	35
F.1 Generation of working standards	35
F.1.1 General	35
F.1.2 Measurement conditions	35
F.2 Procedure for generation of working standards	35
F.2.1 In the case where the infant artefact is a fibre	35
F.2.2 In the case where the infant artefact is a chromium-on-glass artefact	35
Annex G (informative) Estimation of uncertainty in the measurement of core/cladding concentricity error	36
G.1 Method of estimating uncertainty in concentricity error measurement	36
G.1.1 General	36
G.1.2 Determination of u	36
G.1.3 Determination of u_{Op}	36
G.1.4 Determination of CB	36
G.1.5 Determination of u_{CB}	38
G.2 Correcting for concentricity bias	38
Annex H (informative) Estimation of uncertainty in the measurement of non-circularity	39
H.1 Method of estimating uncertainty in non-circularity measurement	39
H.2 Determination of u	39
H.3 Determination of u_{Op}	39
H.4 Determination of NCB	39
H.4.1 General	39
H.4.2 Method A: uncalibrated artefact	40
H.4.3 Method B: calibrated artefact	40
H.5 Determination of u_{NCB}	40
Bibliography	41

Figure B.1 – Representation of a grid calibration mask	26
Figure B.2 – Representation of an annulus calibration mask	27
Figure B.3 – Derivation of correction offset	28
Table D.1 – Values of t for specified confidence level	32
Table G.1 – Measured values for angular positions	37

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61745:2017

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**END-FACE IMAGE ANALYSIS PROCEDURE FOR THE CALIBRATION
OF OPTICAL FIBRE GEOMETRY TEST SETS**

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 61745 has been prepared by IEC technical committee 86: Fibre optics.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 1998, and constitutes a technical revision.

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

- a) removal of the limitation of single mode optical fibre geometry test sets to include multimode;
- b) addition of a new annex as mathematical basis.

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

CDV	Report on voting
86/510/CDV	86/516/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.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61745:2017

INTRODUCTION

In the research and production environments, there exists a range of test methods for characterizing the geometry of optical fibres. Furthermore, each test method may determine one or more of the many parameters required for complete geometrical characterization. IEC 61745 describes the calibration of test sets that perform end-face image analysis, also known as "near-field" or "grey-scale" analysis. The principles, however, may be applied to test sets of a different type.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61745:2017

END-FACE IMAGE ANALYSIS PROCEDURE FOR THE CALIBRATION OF OPTICAL FIBRE GEOMETRY TEST SETS

1 Scope

This document describes the calibration of test sets that perform end-face image analysis, also known as "near-field" or "grey-scale" analysis. The principles, however, can be applied to test sets of a different type.

The procedures outlined are performed by calibration laboratories and by the manufacturers or users of geometry test sets, for the purpose of calibrating geometry test sets and for evaluating the uncertainties in measurements made on calibrated test sets. The calibration of fibre coating or cable measurement test sets is not covered by this document.

2 Normative references

There are no normative references in this document.

3 Terms and definitions

For the purpose of this International Standard, the following definitions 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

accredited calibration laboratory

calibration laboratory authorized by an appropriate national organization to issue calibration certificates that demonstrates traceability to national standards

3.2

artefact

object that is measured on or used to calibrate a geometry test set

EXAMPLE An optical fibre and a chromium-on-glass pattern are examples of artefacts.

3.3

calibration

set of operations that establish, under specified conditions, the relationship between the values of quantities indicated by a measuring instrument and the corresponding values realized by standards

Note 1 to entry: The results of a calibration permit either the assignment of measurand values to the indications or the determination of corrections with respect to the indications.

Note 2 to entry: A calibration may also determine other metrological properties such as the effects of influence quantities.

Note 3 to entry: The result of a calibration may be recorded in a document, called a "calibration certificate" or a "calibration report".

3.4**calibration chain**

chain of transfers from a national standard to the geometry test set through intermediate or working standards

Note 1 to entry: See $U = k \times u$.

3.5**calibration checking**

establishing that a geometry test set that has been previously calibrated but has reached its calibration due date remains within specified uncertainty limits

Note 1 to entry: If the geometry test set has drifted outside these limits, then re-calibration is required. Otherwise, the re-checking period can be extended for a stated period.

Note 2 to entry: The test set may be checked using a working standard.

3.6**calibration standard**

artefact that is calibrated against a reference standard and is used to calibrate test sets

Note 1 to entry: The artefact may be a fibre or a chromium-on-glass pattern.

Note 2 to entry: Proper use of a calibration standard ensures traceability.

Note 3 to entry: The term includes the reference standard, the transfer standard and the working standard(s), in descending order of metrological uncertainty.

3.7**combined standard uncertainty**

combination of a number of individual standard uncertainties

Note 1 to entry: The term "accuracy" should be avoided in this context.

Note 2 to entry: In calibration reports and technical data sheets, the combined standard uncertainty in the geometry test set measurement is reported as an overall expanded uncertainty with the applicable confidence level, for example 95,5% or 99,7 %.

3.8**confidence level**

estimation of the probability that the true value of a measured parameter lies within a given range (expanded uncertainty)

3.9**correction offset**

number that is added to or subtracted from the measurement result of a test set to correct for a known physical effect

3.10**coverage factor**

k

factor used to calculate the expanded uncertainty, U , from the standard uncertainty, u

3.11**expanded uncertainty**

U

range of values within which the measurement parameter, at the stated confidence level, can be expected to lie

Note 1 to entry: It is equal to the coverage factor, k , times the combined standard uncertainty u

$$U = k \times u$$

(1)

Note 2 to entry: When the distribution of uncertainties is assumed to be normal and a large number of measurements are made, then confidence levels of 68,3 %, 95,5 % and 99,7 % correspond to k values of 1, 2 and 3 respectively.

3.12

geometry test set

instrument used to measure the geometrical parameters of an optical fibre

Note 1 to entry: The parameters measured will depend on the type of geometry test set.

3.13

infant fibre

fibre whose geometry is to be measured on a calibrated geometry test set

3.14

instrument state

description of the measurement conditions of the geometry test set during calibration and measurement

Note 1 to entry: The measurements conditions are for instance form-fits used, data filtering schemes employed and other important information concerning the test set such as warm-up time and date of calibration.

3.15

national standard

standard recognized by a national decision to serve, in a country, as the basis for assigning values to other standards of the quantity concerned

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 5.3, modified – The first preferred term "national measurement standard" has been deleted, and the definition has been rephrased.]

3.16

national standards laboratory

laboratory which maintains the national standard

3.17

operating range

range of conditions under which the geometry test set is designed to perform within the stated expanded uncertainty

Note 1 to entry: Such conditions include the diameter of the fibre being measured and environmental conditions, such as temperature.

3.18

reference standard

artefact measured at a calibration laboratory, with the measurement traceable to national standards

3.19

scaling factor

ratio of the known standard values for a calibration standard to the values indicated by the geometry test set when no correction offsets are applied

3.20

standard uncertainty

u

uncertainty of a measurement result expressed as a standard deviation

Note 1 to entry: For further information, see Annex A and ISO/IEC Guide 98-3.

3.21**traceability**

ability to demonstrate, for a measurement result or a geometry test set, a calibration chain originating from a national standard

Note 1 to entry: Geometry test sets calibrated by the procedures in this document are traceable. Direct traceability of the measurement results either to a national standards laboratory or to an accredited calibration laboratory need to be demonstrated. Such traceability includes the calibration schedules of all artefacts in the calibration chain and detailed calculations of all (cumulative) transfer uncertainties in the calibration chain.

Note 2 to entry: The use of a working standard alone to compare or monitor geometry test set calibration cannot establish or re-establish traceability, but can only extend the duration of the traceability certification if no change is found.

3.22**transfer standard**

standard that is calibrated against a reference standard and is used for calibrating geometry test sets

3.23**transfer uncertainty**

estimate characterizing the uncertainty of a measurement caused by uncertainties in the transfer process, at the given confidence level (such as changes in environmental conditions)

Note 1 to entry: These uncertainties may arise from the calibration standards used as well as from the geometry test set.

3.24**working standard**

standard that is used on a routine basis to calibrate or check measuring instruments

4 General information and preparation for calibration**4.1 Geometrical parameters of optical fibres**

It is necessary to characterize the geometrical properties of optical fibres in order to ensure satisfactory mechanical and optical performance. The geometrical parameters measured by the types of test sets consist of the following:

- a) cladding (reference surface) diameter;
- b) cladding non-circularity;
- c) core/cladding concentricity error.

4.2 Description of geometry test sets

End face image, or grey-scale, test sets usually comprise an optical microscope, an illumination source, an electronic image recording device, such as a camera, and a means of storing image data for processing by digital computer. A second illumination source is usually employed to launch light into the other end of the fibre. This enables the position of the fibre core also to be measured. A typical measurement sequence is as follows: a cleaved fibre end is positioned in the measurement port of the instrument and an image of the fibre end is formed on the camera. The image of the fibre is focused, usually under automatic computer control, digitized, and then transferred to a computer, which determines the geometrical parameters of the fibre.

The quality of the fibre end is critical in this method, and the presence of cleave damage, such as chips or edge roughness, can seriously affect the measurement. It is thus usual to employ data-filtering methods to reduce the sensitivity of the measured result to the presence of cleave damage.

4.3 Calibration standard requirements

The calibration procedure detailed in this document requires the use of traceable calibration artefacts. These artefacts consist of a calibrated fibre end and a chromium-on-glass mask. Their nominal dimensions are discussed in 5.3.3 and 5.5.

5 Calibration

5.1 General

The calibration procedure comprises the following two operations.

- a) The magnification, or scaling factor, of the imaging system is calibrated. This is a similar process to conventional calibration methods for optical microscopes, except that, in this case, a two-dimensional calibration is required.
- b) A correction offset is determined. This offset is required to correct for systematic effects such as diffraction at the fibre edge, differences between the way the calibration artefact is calibrated and the method of measurement in the test set, and distortion of the image of the fibre edge by camera sampling.

Worked examples for the determination of calibration factors are given in Annex B.

The calibration will be valid when applied to measurements in the following way:

- the scaling factors are applied multiplicatively to the raw data from the camera, before applying form-fits and computing the cladding diameter of the fibre under test;
- the correction offset is applied additively to the computed cladding diameter of the fibre under test.

NOTE 1 The choice of an edge-setting criterion defining the position of the cladding edge is important, and calibration applies only to measurements using the same criterion as that used at the time of calibration.

NOTE 2 In certain circumstances, it has been found sufficient to calibrate only the scaling factor using a fibre or chromium-on-glass standard. This approach, however, can lead to increased uncertainties when measuring fibres that are of significantly different diameter from the calibration standard used.

5.2 Rationale for calibration of geometry test sets

5.2.1 General

The measurement of cladding diameter is common to most types of geometry test sets, so calibration of this parameter is very important in comparing test sets of different types. This document, however, details only the calibration of test sets that perform end-face image analysis.

Basically, calibration is achieved by exposing the test set to independent geometrical calibration standards. It is these standards that form the calibration chain and, therefore, contribute to the transfer uncertainty.

The procedure is detailed in 5.3. The complete calibration chain is illustrated in Figure 1.

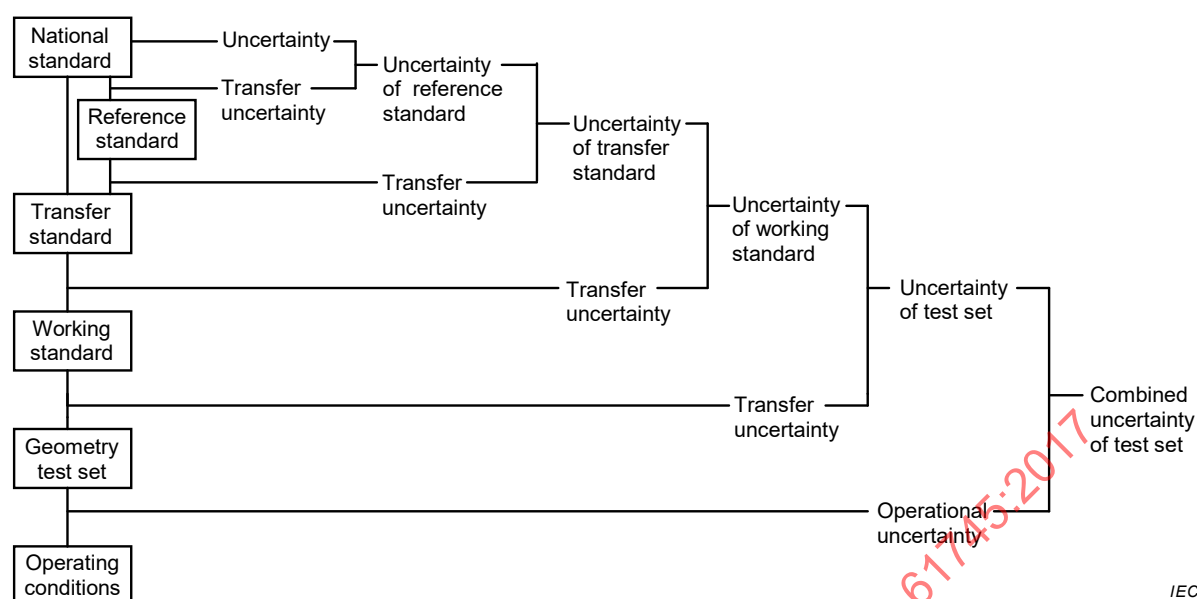


Figure 1 – Example of a calibration chain and the accumulation of uncertainties

Calibration of the core/cladding concentricity error and non-circularity measurement is not described, as there are no suitable standard reference materials available at the time of writing. However, procedures enabling estimation of the uncertainties obtained in the measurement of these parameters are given in Annex G and Annex H respectively.

5.2.2 Verification of calibration state

For routine verification, such as may frequently be carried out on geometry test sets in use, it is sufficient to check (but not to reset) the state of calibration of the geometry test sets using a working standard. The working standard may be a fibre or a chrome-on-glass mask.

A procedure for generation of a working standard is given in Annex F.

The distinction between checking the state of calibration and the calibration itself shall be clearly made. While it is sufficient to establish stability of the geometry test set using the working standard, this is not a substitute for full calibration.

The use of a working standard allows continued traceability to national standards to be claimed, if it can be satisfactorily established that the existing instrument state, correction factors, and so on, are sufficient to provide geometry results within a specified uncertainty and without alteration. This simply means that the geometry test set has remained stable since the last calibration.

Continued traceability can be claimed on a calibrated test set provided that the measured values for the working standard agree with its calibrated values within the uncertainties.

Calibration is essential in the commissioning of geometry test sets, whereas a working standard is used for routine calibration checking.

The procedure for calibration checking is described in 5.4.

5.3 Calibration procedure

5.3.1 General advice and organization

Ensure that the environmental conditions are commensurate with the working environment as specified by the manufacturer. Employ good metrological practices at all times.

Ensure that all calibration standards used in the calibration are calibrated according to a documented programme with traceability to national standards laboratories or to accredited standards laboratories. If possible, maintain more than one standard on each hierarchical level of the calibration chain, so that the performance of standards can be verified by comparisons on the same level.

Develop a documented measurement procedure for each type of calibration performed, giving step-by-step operating instructions and equipment to be used. Use pro-forma result sheets, uncertainty budgets and calibration certificates (see Clause 7).

Operate a quality system appropriate to the range of measurements. Ensure that there is independent scrutiny of measurement results, intermediate calculations and calibration certificates are prepared.

5.3.2 Test requirements

- a) Perform all tests at a temperature and relative humidity that are within the manufacturer's specification for the test set.
- b) Allow sufficient time for the geometry test set and test equipment to reach thermal equilibrium with the environment in accordance with the manufacturer's recommendations for the test set and the calibration standards used, before commencing the calibration procedure.
- c) Set up the geometry test set to the appropriate settings for calibration procedures, as recommended by the manufacturer.
- d) Ensure, where possible, that all accessible optical surfaces and calibration standards are clean before measurement.

5.3.3 Calibration standard requirements

The use of calibration standards which are traceable to national standards laboratories is mandatory. The calibration procedure requires the use of the following.

- a) A calibrated measurement scale. This is a chromium-on-glass mask with a pattern, typically, of dots, lines, circles or annuli.
- b) A fibre end with calibrated cladding diameter. The fibre should be of similar material to and within 5,0 μm of the nominal cladding diameter of the fibres to be measured by the test set and have a non-circularity of less than 0,5 %.

The calibrated fibre end shall not be re-cleaved. This is due to variations of diameter along the length of the fibre.

If the fibre end becomes damaged or cannot be cleaned sufficiently, it should not be used for the purpose of calibration.

For calibration checking (see 5.4), the standard may be either a fibre or a chromium-on-glass pattern with traceable geometry values.

5.3.4 Determination of calibration factors

5.3.4.1 General

A derivation of the calibration factors used is given in Annex B.

5.3.4.2 Scaling factor

To calibrate the scaling factor, use a chromium-on-glass mask. This may comprise an array of dots or lines, or an annular structure. The principle of calibration is to measure the distance between graduations.

NOTE The uniformity of the scaling factor over the field of view of the imaging system (known as "spatial linearity") will affect the uncertainty that can be transferred to measurements on fibres and also to measurements of core/cladding concentricity error. A method for estimating spatial linearity is described in 5.5.

The scaling factors for the x and y axes of the camera are given by:

$$S_x = \frac{Dx_c}{Dx_m} \quad (2)$$

$$S_y = \frac{Dy_c}{Dy_m} \quad (3)$$

where

Dx_m is the measured spacing of graduations along the x -axis;

Dy_m is the measured spacing of graduations along the y -axis;

Dx_c is the calibrated spacing of graduations along the x -axis;

Dy_c is the calibrated spacing of graduations along the y -axis.

The procedure to measure the distance between graduations will depend on the type of chrome mask used, as follows.

a) Regular array of dots or lines

Form an image of the array in a manner consistent with normal operation of the test set. Measure the distances between graduations in two orthogonal directions, these being parallel to the scan axes of the camera. The distance over which calibration is effected should be within 5 μm of the nominal diameter of the fibres to be measured by the test set. It is desirable to align the axes of the array to be parallel to the scan axes of the camera. However, if they are not so aligned, compensation for the angular misalignment needs to be applied.

b) Annulus

Form an image of the annulus in a manner consistent with normal operation of the test set. Apply elliptical form fits to the inner and outer edges of the annulus. Determine the measured diameters Dx_m and Dy_m along the x and y axes as follows:

$$Dx_m = \frac{Dx_{\text{inner}} + Dx_{\text{outer}}}{2} \quad (4)$$

and

$$Dy_m = \frac{Dy_{\text{inner}} + Dy_{\text{outer}}}{2} \quad (5)$$

where

Dx_{inner} is the measured diameter of the inner annulus along the x -axis;

Dy_{inner} is the measured diameter of the inner annulus along the y -axis;

Dx_{outer} is the measured diameter of the outer annulus along the x -axis;

Dy_{outer} is the measured diameter of the outer annulus along the y -axis.

The diameter of the annulus should be within 5 µm of the nominal diameter of the fibres to be measured by the test set. If, for convenience of use, it is assumed that Dx_m equals Dy_m , any non-circularity in the annulus will affect the determination of the uncertainty in subsequent fibre non-circularity measurements (see 5.7).

Calculate the uncertainty in the determination of the scaling factors using Clause 6.

5.3.4.3 Correction offset

To calibrate the correction offset, a calibrated fibre is required. Form an image of the fibre end in a manner consistent with normal operation of the test set and apply a form-fitting algorithm to the fibre edge. Determine the correction offset O as follows:

$$O = D_{P,F} - D'_{P,F} \times S \quad (6)$$

where

- $D_{P,F}$ is the calibrated diameter of the fibre;
- $D'_{P,F}$ is the measured diameter of the fibre (scaling factor not applied);
- P stands for "parent";
- F stands for "fibre".

And S , the mean scaling factor, is:

$$S = \frac{S_x + S_y}{2}$$

Thus $D'_{P,F} \times S$ is equal to the measured diameter of the fibre, in micrometres.

Calculate the uncertainty in the determination of the correction offset using Clause 6.

5.4 Check calibration procedure

This procedure is used for checking the calibration of a geometry test set. The procedure is not used for determining calibration factors but may be used to check for test set stability since the last calibration was performed.

As long as the geometry test set has already been calibrated and measurement of a working standard does not reveal a geometry uncertainty greater than the permitted total uncertainty, the claim of traceability may be extended.

- a) Ensure that the test requirements given in 5.3.2 have been met.
- b) Present the working standard to the geometry test set under consideration.
- c) In the case where the working standard is
 - a fibre: measure the mean cladding diameter;
 - a chromium-on-glass mask: measure the distance between graduations.

Compare the measured values with the reference values and record any differences. It is necessary to repeat the measurement several times to statistically reduce uncertainty in the mean measured value.

5.5 Spatial linearity

The uncertainty in the measurement of fibres the diameter of which differs by more than 5 µm from that of the fibre used for calibration may be estimated in one of two ways.

- a) Measure a chromium-on-glass artefact at different positions within the field of view.
- b) Measure the spacing between graduations of an array of lines or dots over the whole field of view.

In either case, the linear dimension of the artefact or the interval shall be less than one-quarter of the diameter of the calibration fibre used. If method a) is used, only a nominal calibration of the artefact is necessary. If method b) is used, it is necessary to use an artefact that has each interval calibrated.

A variation in the scaling factor over the field of view indicates a source of uncertainty in the calibration of the test set scaling factor. The importance of this uncertainty will depend on the range of fibre diameters to be measured on the calibrated test set. Estimate the magnitude of the uncertainty and add it to the total scaling factor uncertainty u_S , derived in 6.2.2.

5.6 Calibration of core/cladding concentricity error measurement

Core/cladding concentricity error is defined as the distance between the centres of the core and cladding of a fibre.

At the time of writing, there are no standard reference materials (SRM) available from standards laboratories for direct calibration of this parameter. A procedure is given in Annex G describing how to estimate the uncertainty obtained in a concentricity error measurement.

5.7 Calibration of non-circularity measurement

Non-circularity is defined as the difference in radial distance of edge points that are respectively furthest from and closest to the fitted centre, divided by the fitted radius. In the case of an ellipse form-fit, non-circularity is the difference between the major and minor axes, divided by their mean.

At the time of writing, there are no standard reference materials (SRM) available from standards laboratories for direct calibration of this parameter. A procedure is given in Annex H describing how to estimate the uncertainty obtained in a non-circularity measurement.

6 Evaluation of uncertainties

6.1 General

In Clause 6, the reporting of uncertainties in the calibration of a test set and in subsequent measurements is discussed. The analysis is based on the statistical mathematics given in Annex D. It is important to choose a confidence level at which to calculate uncertainties and use the appropriate values for the coverage factor in each calculation (see definition 3.10 and Clause D.3).

The uncertainty of calibration of the test set is discussed in 6.2. The uncertainty in the measurement of a fibre is discussed in 6.3. The uncertainty in the measurement of a chromium-on-glass mask is discussed in 6.4.

Worked examples for the determination of uncertainties are given in Annex E.

6.2 Evaluation of uncertainty in test set calibration

6.2.1 General

The calibration procedure (see 5.3.4) comprises two operations. First, a scaling factor is determined and then a correction offset factor is determined. Sources of uncertainty in both of these parameters shall be evaluated to estimate the calibration uncertainty of the test set.

6.2.2 Uncertainty in scaling factor

6.2.2.1 General

The following terms are used:

S	scaling factor
$D_{P,C}$	calibrated spacing of graduations of parent chromium standard
$u_{P,C}$	uncertainty in calibration of parent chromium standard
$D'_{P,C}$	measured spacing of graduations of parent chromium standard (raw data)
$u'_{P,C}$	statistical uncertainty in measurement of parent chromium standard (raw data)
$u_{Tr,P,C}$	transfer uncertainty of parent chromium standard
n_C	number of measurements

where P stands for "parent" and C for "chromium".

The determination of the scaling factor is described in 5.3.4.2 and is given in terms of two scaling factors, one for each of the two camera axes. For the purpose of estimating the uncertainty in the scaling factor, the two scaling factors may be combined to give the following expression:

$$S = \frac{D_{P,C}}{D'_{P,C}} \quad (7)$$

The uncertainty u_S in the scaling factor consists of the calibration uncertainty $u_{P,C}$ of the parent chromium standard, any changes $u_{Tr,P,C}$ that may have occurred in the parent chromium standard since its calibration, and the statistical uncertainty $u'_{P,C}$ in the measurement of the parent chromium standard on the test set.

The relative uncertainty u_S in the scaling factor is given by:

$$u_S = \sqrt{\frac{u_{Tr,P,C}^2 + u_{P,C}^2 + \left(\frac{u'_{P,C} \times S}{\sqrt{n_C}}\right)^2}{D_{P,C}^2}} \quad (8)$$

6.2.2.2 Determination of $u_{P,C}$

The uncertainty $u_{P,C}$ in the calibration of the parent standard may be determined from the parent's calibration certificate or data sheet. Using the expanded uncertainty $U_{P,C}$ of the parent, calculate $u_{P,C}$ as follows:

$$u_{P,C} = \frac{U_{P,C}}{k} \quad (9)$$

where k is the coverage factor.

Determine k from the parent's calibration certificate.

6.2.2.3 Determination of $u_{T,P,C}$

The transfer uncertainty may be due to factors affecting the calibration of the parent chromium standard, for example ageing, temperature-induced changes and cleanliness. Estimate the transfer uncertainty using Equation (A.5).

6.2.2.4 Determination of $u'_{P,C}$

Determine the statistical uncertainty in measurement of the parent chromium standard using Equation (A.2).

6.2.3 Uncertainty in offset correction factor

6.2.3.1 General

The following terms are used:

S	scaling factor
$D_{P,F}$	calibrated diameter of parent fibre standard
$u_{P,F}$	calibration uncertainty of parent fibre standard
$u'_{P,F}$	statistical uncertainty in measurement of parent fibre standard (raw data)
$u_{T,P,F}$	transfer uncertainty of parent fibre standard
n_F	number of measurements

where P stands for "parent" and F for "fibre"

The determination of the offset correction factor is described in 5.3.4.3. The offset O is given by:

$$O = D_{P,F} - D'_{P,F} \times S \quad (10)$$

The uncertainty u_O in the offset factor consists of the uncertainty $u_{P,F}$ in the calibration of the parent fibre standard, any changes $u_{T,P,F}$ that may have occurred in the fibre standard since its calibration and the statistical uncertainty $u'_{P,F}$ in the measurement of the parent fibre standard on the test set.

The uncertainty u in the offset is given by:

$$u_O = \sqrt{u_{P,F}^2 + u_{T,P,F}^2 + \left(\frac{u'_{P,F} \times S}{\sqrt{n_F}} \right)^2} \quad (11)$$

NOTE The uncertainty u_S in the scaling factor is not included in the derivation of Equation (11). This is because error in the scaling factor is compensated for in the determination of the correction offset factor, according to Equation (10). However, it will contribute to the uncertainty in fibre diameter measurement when the diameter of the fibre being measured is different from the diameter of the calibration fibre that was used in the determination of the offset correction factor (see 6.3).

6.2.3.2 Determination of $u_{P,F}$

The uncertainty $u_{P,F}$ of the parent may be determined from the expanded uncertainty $U_{P,F}$ quoted on the parent's calibration certificate or data sheet. Express this as a standard uncertainty $u_{P,F}$ as follows:

$$u_{P,F} = \frac{U_{P,F}}{k} \quad (12)$$

where k is the coverage factor.

Determine k from the parent's calibration certificate.

6.2.3.3 Determination of $u_{Tr,P,F}$

The transfer uncertainty may be due to factors affecting the calibration of the parent fibre standard, for example ageing, temperature induced changes, and cleanliness. Estimate the transfer uncertainty using Equation (A.5).

6.2.3.4 Determination of $u'_{P,F}$

Determine the statistical uncertainty in measurement of the parent fibre standard using Clause A.2.

6.3 Evaluation of uncertainty in fibre measurement

6.3.1 General

The following terms are used:

$D_{P,F}$	calibrated diameter of parent fibre standard used in offset determination
$D_{I,F}$	diameter of infant fibre (to be determined)
$D'_{I,F}$	measured diameter of infant fibre (raw data)
$u'_{I,F}$	statistical uncertainty in measurement of infant fibre (raw data)
$u_{Op,I,F}$	operational uncertainty of infant fibre
n_F	number of measurements

where I stands for "infant" and F for "fibre".

The measured diameter of the infant fibre after calibration is given by:

$$D_{I,F} = D'_{I,F} \times S + O \quad (13)$$

The uncertainty $u_{I,F}$ in the measurement consists of the uncertainty u_S in the scaling factor, the uncertainty u_O in the offset factor and the statistical uncertainty $u'_{I,F}$ in the measurement of the infant fibre on the test set. Further, if the measurement depends on changes in conditions of the operating range from those existing at the time of calibration, these changes shall be taken into account in the form of an operational uncertainty $u_{Op,I,F}$. Uncertainty in the determination of the scaling factor contributes to the uncertainty in the determination of the fibre diameter when the diameter of the fibre under test is different from the diameter of the calibration fibre that was used in the determination of the correction offset factor (see 6.2.3). This is included as the final term in the following expression.

The uncertainty $u_{I,F}$ in the measured diameter of the infant fibre is given by:

$$u_{I,F} = \sqrt{u_O^2 + u_{Op,I,F}^2 + \left(\frac{u'_{I,F} \times S}{\sqrt{n_F}} \right)^2 + (D'_{I,F} \times S - D_{P,F})^2 \times u_S^2} \quad (14)$$

6.3.2 Determination of $u_{Op,I,F}$

The operational uncertainty is due to operating conditions that are different from those existing at the time of calibration, for example cleave quality, cleanliness and operating temperature. Estimate the operational uncertainty using Equation (A.5).

6.3.3 Determination of $u'_{I,F}$

Determine the statistical uncertainty in measurement of the infant fibre using Clause A.2.

6.4 Evaluation of uncertainty in chromium mask measurement

6.4.1 General

The following terms are used:

$D_{I,C}$	spacing of graduations of infant chromium mask (to be determined)
$D'_{I,C}$	measured spacing of graduations of infant chromium mask (raw data)
$u'_{I,C}$	statistical uncertainty in measurement of infant chromium mask (raw data)
$u_{Op,I,C}$	operational uncertainty of infant chromium mask
n_C	number of measurements

where I stands for "infant" and C for "chromium".

The measured diameter of the infant chromium mask after calibration is given by:

$$D_{I,C} = D'_{I,C} \times S \quad (15)$$

The uncertainty $u_{I,C}$ in the measured diameter consists of the relative uncertainty u_S in the scaling factor and the statistical uncertainty $u'_{I,C}$ in the measurement of the infant chromium mask on the test set. Further, if the measurement depends on changes in operating conditions from those existing at the time of calibration, these changes shall be taken into account in the form of an operational uncertainty $u_{Op,I,C}$.

The uncertainty $u_{I,C}$ in the measured diameter of the infant chromium mask is:

$$u_{I,C} = \sqrt{u_{Op,I,C}^2 + \left(\frac{u'_{I,C} \times S}{\sqrt{n_C}} \right)^2 + (D'_{I,C} \times u_S)^2} \quad (16)$$

6.4.2 Determination of $u_{Op,I,C}$

The operational uncertainty is due to operating conditions that are different from those existing at the time of calibration, for example cleave quality, cleanliness and operating temperature. Estimate the operational uncertainty using Equation (A.5).

6.4.3 Determination of $u'_{I,C}$

Determine the statistical uncertainty in measurement of the infant chromium mask using Clause A.2.

6.5 Summary

The uncertainty in the calibration of the test set has been evaluated in terms of the scaling factor uncertainty and the offset factor uncertainty, in 6.2.2 and 6.2.3 respectively.

The uncertainties in the measurement of a test fibre and a chromium-on-glass mask are evaluated in 6.3 and 6.4 respectively.

The statement of uncertainty in the measurement on a fibre or chromium mask includes the uncertainties of the calibration standards used to calibrate the test set, the statistical measurement uncertainties and any other additional measurement uncertainties.

7 Documentation

7.1 Records

Proper records shall be kept when a geometry test set is calibrated according to this procedure. These records shall include the following:

- a) description of the test set and unique identification (serial number);
- b) date on which the calibration was performed;
- c) results obtained from the calibration process (see Clause 6);
- d) identification of the calibration procedure followed;
- e) unique identification of all calibration standards used and certification demonstrating traceability;
- f) identification of personnel performing the calibration;
- g) statement of uncertainties involved in calibrating the test set and of their cumulative effect on the uncertainties in the scaling and offset factors (see Clause 6);
- h) instrument state, such as threshold levels for edge point selection, criteria for point rejection and types of form-fit applied.

Annex A (normative)

Mathematical basis for measurement uncertainty calculations

A.1 General

Annex A summarizes the form of evaluating, combining and reporting the uncertainty of measurement. It is based on the ISO/IEC Guide 98-3. It does not relieve the need to consult this guide for more advice.

This document distinguishes two types of evaluation of uncertainty of measurement. Type A is the method of evaluation of uncertainty by the statistical analysis of a series of measurements on the same measurand. Type B is the method of evaluation of uncertainty based on other knowledge.

A.2 Type A evaluation of uncertainty

The type A evaluation of standard uncertainty can be applied when several independent observations have been made for a quantity under the same conditions of measurement.

For a quantity X estimated from n independent repeated observations X_k , the arithmetic mean is:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k \quad (\text{A.1})$$

This mean is used as the estimate of the quantity, that is $x = \bar{X}$. The experimental standard deviation of the observations is given by:

$$s(X) = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X})^2 \right]^{1/2} \quad (\text{A.2})$$

where

- $\bar{X}$ is the arithmetic mean of the observed values;
- X_k are the measurement samples of a series of measurements;
- n is the number of measurements; it is assumed to be large, for example, $n \geq 10$.

The type A standard uncertainty $u_{\text{typeA}(x)}$ associated with the estimate x is the experimental standard deviation of the mean:

$$u_{\text{typeA}}(x) = s(\bar{X}) = \frac{s(X)}{\sqrt{n}} \quad (\text{A.3})$$

A.3 Type B evaluation of uncertainty

The type B evaluation of standard uncertainty is the method of evaluating the uncertainty by means other than the statistical analysis of a series of observations. It is evaluated by scientific judgement based on all available information on the variability of the quantity.

If the estimate x of a quantity X is taken from a manufacturer's specification, calibration certificate, handbook, or other source and its quoted uncertainty $U(x)$ is stated to be a multiple k of a standard deviation, the standard uncertainty $u(x)$ is simply the quoted value divided by the multiplier.

$$u(x) = U(x) / k \quad (\text{A.4})$$

If only upper and lower limit $X_{\max}$ and $X_{\min}$ can be estimated for the value of the quantity X , a rectangular probability distribution is assumed.

The standard uncertainty is

$$u(x) = \frac{(|X_{\max} - x|, |X_{\min} - x|)_{\text{MAX}}}{\sqrt{3}} \quad (\text{A.5})$$

The contribution to the standard uncertainty associated with the output estimate y resulting from the standard uncertainty associated with the input estimate x is

$$u(y) = c \times u(x) \quad (\text{A.6})$$

where c is the sensitivity coefficient associated with the input estimate x , that is the partial derivative of the model function $y(x)$, evaluated at the input estimate x .

$$c = \frac{\partial y}{\partial x} \quad (\text{A.7})$$

The sensitivity coefficient c describes the extent to which the output estimate y is influenced by variations of the input estimate x . It can be evaluated by Equation (A.7) or by using numerical methods, that is by calculating the change in the output estimate y due to a change in the input estimate x from a model function. Sometimes it may be more appropriate to find the change in the output estimate y due to the change of x from an experiment.

A.4 Determining the combined standard uncertainty

The combined standard uncertainty is used to collect a number of individual uncertainties into a single number. The combined standard uncertainty is based on statistical independence of the individual uncertainties; it is calculated by root-sum-squaring all standard uncertainties obtained from type A and type B evaluation:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)} \quad (\text{A.8})$$

where

- i is the current number of individual contribution;
- $u_i(y)$ are the standard uncertainty contributions;
- n is the number of uncertainties.

NOTE It is acceptable to neglect uncertainty contributions to this equation that are smaller than 1/10 of the largest contribution, because squaring them will reduce their significance to 1/100 of the largest contribution.

When the quantities above are to be used as the basis for further uncertainty computations, then the combined standard uncertainty, u_c , can be re-inserted into Equation (A.8). Despite its partially type A origin, u_c should be considered as describing an uncertainty of type B.

A.5 Reporting

In calibration reports and technical data sheets, combined standard uncertainties shall be reported in the form of expanded uncertainties, together with the applicable level of confidence. Correction factors or deviations shall be reported. The expanded uncertainty U is obtained by multiplying the standard uncertainty $u_c(y)$ by a coverage factor k :

$$U = k \times u_c(y) \quad (\text{A.9})$$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61745:2017

Annex B (informative)

Derivation of calibration factors

B.1 Derivation of scaling factors

Refer to 5.3.4.2.

Terms used:

Dx_c	calibrated spacing of graduations of the mask along the x -axis;
Dy_c	calibrated spacing of graduations of the mask along the y -axis;
Dx_m	measured spacing of graduations of the mask along the x -axis;
Dy_m	measured spacing of graduations of the mask along the y -axis;
Dx_{inner}	measured diameter of the inner annulus along the x -axis;
Dy_{inner}	measured diameter of the inner annulus along the y -axis;
Dx_{outer}	measured diameter of the outer annulus along the x -axis;
Dy_{outer}	measured diameter of the outer annulus along the y -axis;

where the x and y axes are defined as the scan axes of the camera.

Figure B.1 shows how the measured graduation spacings Dx_m and Dy_m of a mask consisting of a grid of lines are defined.

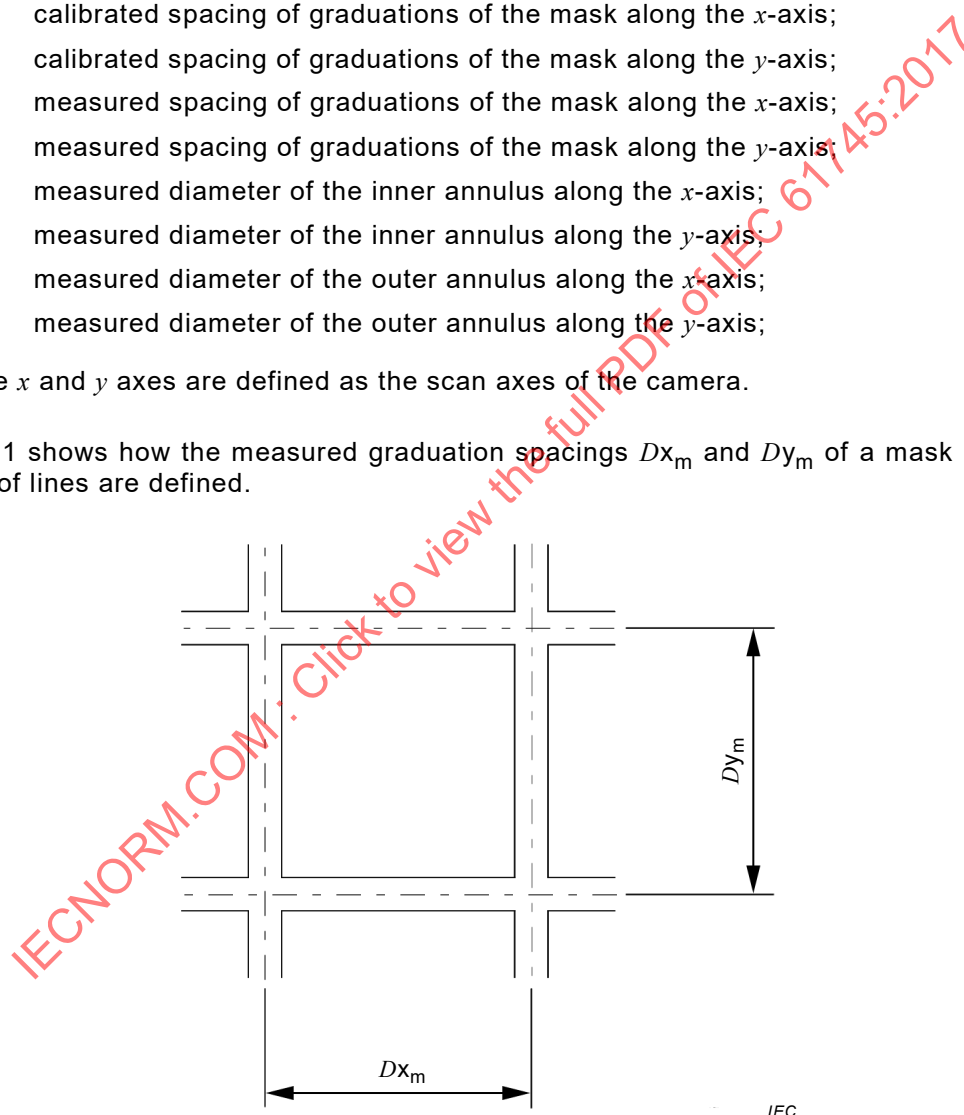
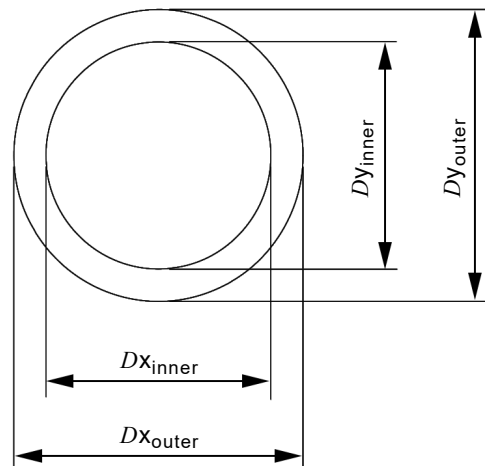


Figure B.1 – Representation of a grid calibration mask

The inner and outer diameters of the annulus along the x and y axes are derived from elliptical form-fits applied to the inner and outer edges of the annulus. Figure B.2 shows how the measured diameters of an annulus are defined. The graduation spacings for the annulus are given by:

$$Dx_m = \frac{Dx_{inner} + Dx_{outer}}{2} \quad (B.1)$$

$$Dy_m = \frac{Dy_{inner} + Dy_{outer}}{2} \quad (B.2)$$



IEC

Figure B.2 – Representation of an annulus calibration mask

The scaling factors S_x and S_y of the scan axes of the camera for both mask configurations are given by:

$$S_x = \frac{Dx_c}{Dx_m} \quad (B.3)$$

$$S_y = \frac{Dy_c}{Dy_m} \quad (B.4)$$

B.2 Derivation of correction offset factor

Refer to 5.3.4.3.

The correction offset is required to correct for systematic effects such as diffraction at the fibre edge. It is defined as the difference between the calibrated diameter D_{cal} of a fibre and its measured diameter D_{meas} , after the scaling factor, but no offset, has been applied. The offset (O) is given by:

$$O = D_{cal} - D_{meas} \quad (B.5)$$

Figure B.3 illustrates the relationship between the calibrated and measured diameters.

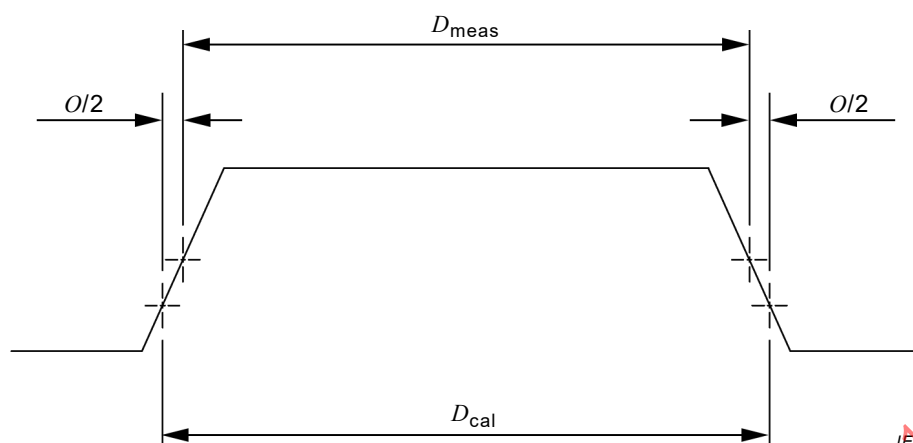


Figure B.3 – Derivation of correction offset

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61745:2017

Annex C (informative)

Examples for the determination of calibration factors

C.1 Example of determination of scaling factor

Refer to 5.3.4.2.

Let:

- Dx_c = 125,60 μm (calibrated spacing of graduations along the x -axis);
- Dy_c = 125,60 μm (calibrated spacing of graduations along the y -axis);
- Dx_m = 125,46 (measured spacing of graduations along the x -axis, raw data);
- Dy_m = 124,84 (measured spacing of graduations along the y -axis, raw data).

From Equations (2) and (3), the scaling factors S_x and S_y are:

$$S_x = 1,001\ 1 \qquad S_y = 1,006\ 1$$

C.2 Example of determination of offset correction factor

Refer to 5.3.4.3.

Let:

- $D_{P,F}$ = 125,64 μm (calibrated diameter of fibre)
- $D'_{P,F}$ = 124,77 (measured diameter of fibre, raw data)
- S = $(1,001\ 1 + 1,006\ 1)/2 = 1,003\ 6$ (see Clause C.1)

From Equation (6), the offset correction factor is:

$$O = 0,42\ \mu\text{m}$$

Annex D (informative)

Calculation of uncertainties

D.1 General

D.1.1 Overview

The uncertainty in the result of a measurement generally consists of several components. These may be grouped broadly into two categories according to the method used to evaluate them:

- type A: uncertainties which are evaluated by statistical methods;
- type B: uncertainties which are evaluated by other means.

Annex D describes examples on how to evaluate these uncertainties. Type of uncertainty and initial calculation are described in Annex A.

D.1.2 Examples of type B evaluation of uncertainty

Example A: Where the uncertainty is caused by an influencing quantity (such as temperature changes) and, in the course of a number of measurements of the same quantity, remains constant or varies in a predictable way, the uncertainty may be calculated as follows:

- a) determine the change in the influencing quantity;
- b) obtain the upper and lower limits of uncertainty in the measured value of a parameter by multiplying the change in the influencing quantity by the instrument dependence on that quantity. Calculate the standard uncertainty using Equation (A.5).

Example B: In the case where the effect of an influencing quantity is difficult to quantify, then experience and judgement shall be used. For example, the effect of contamination of the fibre end being measured cannot readily be determined but experience in such measurements will enable the likely uncertainty to be estimated.

Example C: The uncertainty that is associated with a calibration standard will be quoted on the calibration certificate for that standard. If the uncertainty is specified as upper and lower limits, the standard uncertainty may be determined using Equation (A.5). If the uncertainty is specified at a particular confidence level, the standard uncertainty at, for example, 68,3 % is equal to the quoted uncertainty divided by the appropriate coverage factor.

D.2 Combining sources of uncertainty

D.2.1 General

Several sources of standard uncertainty may, assuming statistical independence, be combined to give a single uncertainty u_{com} as follows:

$$u_{\text{com}} = \sqrt{\sum_i u_i^2} \quad (\text{D.1})$$

where u_i is the standard uncertainty, one of n uncertainty sources.

When several standard uncertainties are combined, it is essential that each component of uncertainty be specified at the same confidence level. In order to specify the expanded uncertainty U_{com} at a confidence level other than that used for each individual uncertainty, each component of uncertainty u_i is first multiplied by the appropriate coverage factor k_i

corresponding to the number of samples used in the determination of that uncertainty, and then combined as follows:

$$U_{\text{com}} = \sqrt{\sum_i k_i^2 \times u_i^2} \quad (\text{D.2})$$

NOTE If the sample sizes for each component of uncertainty are all large, the expanded uncertainty is obtained by multiplying the combination of individual uncertainties, according to Equation (A.8), by a single coverage factor.

For small samples, the coverage factor k is determined by taking k equal to a t -factor obtained from Student's t distribution for the particular number of measurements.

D.2.2 Example of combining several sources of uncertainty

Consider the following values for three individual components of uncertainty:

$$\begin{array}{ll} u_1 = 0,052 \text{ } \mu\text{m} & n_1 = 8 \\ u_2 = 0,069 \text{ } \mu\text{m} & n_2 = 12 \\ u_3 = 0,034 \text{ } \mu\text{m} & n_3 = 9 \end{array}$$

From Table D.1, the corresponding values for k at a confidence level of 95,5 % are:

$$\begin{array}{l} k_1 = 2,43 \\ k_2 = 2,25 \\ k_3 = 2,37 \end{array}$$

Using Equation (D.2) the expanded total uncertainty at 95,5 % confidence level is given by:

$$U_{\text{com}} = 0,22 \text{ } \mu\text{m}$$

D.3 Student's t distribution

Values of t for specified confidence level, as a function of the number of measurements n are given in Table D.1.

Table D.1 – Values of t for specified confidence level

Measurement number	Confidence level		
n	68,3 %	95,5 %	99,7 %
2	1,84	14,0	–
3	1,32	4,53	–
4	1,20	3,31	9,22
5	1,14	2,87	6,62
6	1,11	2,65	5,51
7	1,09	2,52	4,90
8	1,08	2,43	4,53
9	1,07	2,37	4,28
10	1,06	2,32	4,09
11	1,05	2,28	3,96
12	1,05	2,25	3,85
13	1,04	2,23	3,76
14	1,04	2,21	3,69
15	1,04	2,20	3,64
16	1,03	2,18	3,59
17	1,03	2,17	3,54
18	1,03	2,16	3,51
19	1,03	2,15	3,48
20	1,03	2,14	3,45
∞	1	2	3

The coverage factor k_i for the particular number of measurements and confidence levels required is given by:

$$k_i = t \quad (D.3)$$

Annex E (informative)

Worked examples for the determination of uncertainties

E.1 General

Annex E contains worked examples for the determination of uncertainties in scaling factor, offset factor, fibre measurement and chromium mask measurement. A confidence level of 68,3 % is assumed throughout.

E.2 Example of determination of scaling factor uncertainty

Refer to 6.2.2 and Annex D.

Let

$D_{P,C}$	= 125,60 μm (calibrated value of parent standard)
$u_{P,C}$	= 0,07 μm (calibration uncertainty of parent standard)
$D'_{P,C}$	= 125,15 (measured value of parent standard, raw data)
$u'_{P,C}$	= 0,05 (statistical uncertainty of measurement, raw data)
n_C	= 10 (number of measurements)

From Annex D: $t = 1,06$

Corrected uncertainty: $u'_{P,C} = 0,05 \times 1,06 = 0,053$

In this example, let the change in temperature equal 10 °C, and let the dependence of parent standard on temperature equal 0,001 $\mu\text{m}/^\circ\text{C}$.

Thus, from Equation (A.5): $u_{Tr,P,C} = \frac{10 \times 0,001}{\sqrt{3}} = 0,006 \mu\text{m}$

From Equation (7): $S = \frac{125,60}{125,15} = 1,003\ 6$

Then, from Equation (8), the uncertainty in scaling factor is: $u_s = 5,8 \times 10^{-4}$

E.3 Example of determination of correction offset uncertainty

Refer to 6.2.3 and Annex D.

Let

$u_{P,F}$	= 0,05 μm (calibration uncertainty of parent fibre standard)
$u'_{P,F}$	= 0,05 (statistical uncertainty of measurement, raw data)
n_F	= 10 (number of measurements)
S	= scaling factor = 1,003 6 (from E.2)

From Annex D: $t = 1,06$

Corrected uncertainty: $u'_{P,C} = 0,05 \times 1,06 = 0,053$

In this example, let the estimated effect on measurement due to cleanliness of the calibration fibre equal $0,02 \mu\text{m}$. Thus $u_{\text{Tr,P,F}} = 0,02 \mu\text{m}$.

Then, from Equation (11), the uncertainty in offset factor is: $u_{\text{O}} = 0,06 \mu\text{m}$.

E.4 Example of determination of fibre measurement uncertainty

Refer to 6.3 and Annex D.

Let

$D'_{\text{I,F}}$	= 124,50 (measured value of infant fibre, raw data)
$D'_{\text{P,F}}$	= 125,64 μm (diameter of fibre used in offset calibration, see Annex C)
$u'_{\text{I,F}}$	= 0,05 (statistical uncertainty of measurement, raw data)
n_{F}	= 10 (number of measurements)
S	= scaling factor = 1,0036 (from Clause E.2)
u_{S}	= scaling factor uncertainty = $5,8 \times 10^{-4}$ (from Clause E.2)
u_{O}	= offset factor uncertainty = $0,06 \mu\text{m}$ (from Clause E.3)

From Annex D: $t = 1,06$

Corrected uncertainty: $u'_{\text{I,F}} = 0,05 \times 1,06 = 0,053$

In this example, let the estimated effect on measurement due to cleanliness and type of cleave damage present equal $0,02 \mu\text{m}$. Thus $u_{\text{Op,I,F}} = 0,02 \mu\text{m}$.

Then, from Equation (14), the uncertainty in fibre measurement is: $u_{\text{I,F}} = 0,07 \mu\text{m}$.

E.5 Example of determination of chromium mask measurement uncertainty

Refer to 6.4 and Annex D.

Let

$D'_{\text{I,C}}$	= 125,40 (measured value of infant chromium mask, raw data)
$u'_{\text{I,C}}$	= 0,05 (statistical uncertainty of measurement, raw data)
n_{C}	= 10 (number of measurements)
S	= scaling factor = 1,0036 (from Clause E.2)
u_{S}	= scaling factor uncertainty = $5,8 \times 10^{-4}$ (from Clause E.2)

From Annex D: $t = 1,06$

Corrected uncertainty: $u'_{\text{I,C}} = 0,05 \times 1,06 = 0,053$

In this example, let the estimated effect on measurement due to cleanliness equal $0,007 \mu\text{m}$.

Thus $u_{\text{Op,I,C}} = 0,007 \mu\text{m}$.

Then, from Equation (16), the uncertainty in mask measurement is: $u_{\text{I,C}} = 0,08 \mu\text{m}$.

Annex F (informative)

Generation of working standards

F.1 Generation of working standards

F.1.1 General

A working standard for calibration checking is either a fibre or a chromium-on-glass pattern. A working standard is generated by measuring an artefact on a calibrated test set.

F.1.2 Measurement conditions

In order to minimize uncertainties when creating a new working standard, use measurement conditions as similar as possible to those used when the test set was calibrated. The following list details such measurement conditions:

- a) in the case of a fibre, the same category of fibre shall be used. In the case of a chromium-on-glass artefact, a similar form is essential (for example an array of dots or lines, a circle or an annulus);
- b) the form-fitting algorithms shall be the same;
- c) when all the available data from the camera are not used for form-fitting, for example when noise filtering is applied, use the same data selection process;
- d) the focusing algorithms shall be the same;
- e) the illumination conditions shall be the same;
- f) the same edge-setting criterion shall be used.

F.2 Procedure for generation of working standards

F.2.1 In the case where the infant artefact is a fibre

- a) Present the infant artefact to the calibrated test set and measure its geometrical parameters using the calibrated scaling factor (see 5.3.4.2). Apply the correction offset factor (see 5.3.4.3) to the measured result. Repeat the measurement as often as necessary to reduce statistical uncertainties.
- b) Report the following measurement conditions and measured parameters:
 - 1) mean diameter and non-circularity;
 - 2) form-fitting algorithm used;
 - 3) uncertainty in measurement (see 6.3 for a description of the evaluation of uncertainty).

F.2.2 In the case where the infant artefact is a chromium-on-glass artefact

- a) Present the infant artefact to the calibrated test set and measure its geometrical parameters using the calibrated scaling factor (see 5.3.4.2). Do not apply the correction offset factor (see 5.3.4.3) to the measured result. Repeat the measurement as often as necessary to reduce statistical uncertainties.
- b) Report the following measurement conditions and measured parameters:
 - 1) spacing of graduations along the x and y axes;
 - 2) any form-fitting algorithms used;
 - 3) uncertainty in measurement (see 6.4 for a description of the evaluation of uncertainty).

Annex G (informative)

Estimation of uncertainty in the measurement of core/cladding concentricity error

G.1 Method of estimating uncertainty in concentricity error measurement

G.1.1 General

The uncertainty in concentricity error measurement will depend, for example, on the following factors.

- a) spatial uniformity of the test set;
- b) uncertainty in the determination of the core and cladding centres. This is dependent on the method of curve fitting used, on the number of data points available, and also on the cleanliness and cleave quality of the fibre end;
- c) presence of a concentricity bias which may be due to distortions in the optical imaging or illumination systems.

To estimate the uncertainty in concentricity error measurement, the following terms are used:

C	measured concentricity error
u	statistical uncertainty in measurement
n	number of measurements performed
CB	concentricity bias
u_{CB}	uncertainty in concentricity bias
u_{OP}	uncertainty due to fibre effects

The uncertainty u_C in concentricity error is given by:

$$u_C = \sqrt{(u_{OP}^2 + u^2/n + u_{CB}^2)} + CB \quad (G.1)$$

G.1.2 Determination of u

Determine the statistical uncertainty in measurement using Equation (A.2).

G.1.3 Determination of u_{OP}

The operational uncertainty is the uncertainty in the determination of the core and cladding centres. For example, the centre of the core light distribution may be influenced by external perturbations to the fibre.

The operational uncertainty may be estimated using Equation (A.5).

G.1.4 Determination of CB

G.1.4.1 General

The concentricity bias is defined as the distortion of the linear distance between the centres of the core and cladding. Its effect on the measured value will depend on the orientation of the fibre end. A method for determining concentricity bias will now be described.

An optical fibre of similar cladding diameter to the fibre to be measured on the test set after calibration is required; it should be of similar type, for example multimode graded index, multimode step index or single-mode fibre. The test consists in measuring the concentricity error at three different rotational positions of the fibre. A variation in the measured values indicates the presence of a bias in the test set. The procedure to estimate the concentricity bias is as follows.

- Position the fibre in the instrument and perform a concentricity error measurement. Both the magnitude and the direction of the concentricity error are required. Note the angular position of the fibre image on the viewing monitor by defining an artefact on the fibre edge such as cleave damage. This registration mark is required to enable a controlled rotation of the fibre to be performed.
- Rotate the fibre about its axis by approximately 120° , using the registration mark defined in step a). Take care to ensure that the fibre end is not translated across the field of view. Perform a concentricity error measurement.
- Repeat step b) for a further rotational position.
- Calculate the co-ordinates (x_i, y_i) of the core centre relative to the cladding centre for each of the three measurements i using the following equations:

$$x_i = C_i \times \cos(i) \quad (\text{G.2})$$

$$y_i = C_i \times \sin(i) \quad (\text{G.3})$$

where

C_i is the concentricity error of measurement i ;

θ_i is the angle of concentricity error of measurement i relative to a reference axis.

- The concentricity bias CB is equal to the distance between the centre (X_0, Y_0) of the circle circumscribed through the points (x_i, y_i) and the cladding centre. Calculate CB using the following equations:

$$X_0 = \frac{(y_3 - y_1) \times (C_2^2 - C_1^2) - (y_2 - y_1) \times (C_3^2 - C_1^2)}{((x_2 - x_1) \times (y_3 - y_1) - (y_2 - y_1) \times (x_3 - x_1))^2} \quad (\text{G.4})$$

$$Y_0 = \frac{C_3^2 - 2 \times X_0 \times (x_3 - x_1) - C_1^2}{2 \times (y_3 - y_1)} \quad (\text{G.5})$$

$$CB = \sqrt{(X_0^2 + Y_0^2)} \quad (\text{G.6})$$

G.1.4.2 Example of determination of CB

Let the measured values for three angular positions be as shown in Table G.1:

Table G.1 – Measured values for angular positions

Angular position	Measured concentricity	
	Magnitude	Angle
0°	0,198 μm	326°
120°	0,238 μm	239°
240°	0,172 μm	122°

Using Equations (G.2), (G.3), (G.4) and (G.5), the bias is:

$$X_0 = -0,018 \text{ } \mu\text{m} \quad Y_0 = -0,037 \text{ } \mu\text{m}$$

The magnitude of the bias calculated using Equation (G.6) is:

$$CB = 0,041 \text{ } \mu\text{m}$$

G.1.5 Determination of u_{CB}

The uncertainty in the concentricity bias is determined using the following equation:

$$u_{CB} = \sqrt{\frac{\sum u_i^2}{3}} \quad (\text{G.7})$$

where u_i is the statistical uncertainty in the measured concentricity at each rotational position i .

G.2 Correcting for concentricity bias

Once the concentricity bias has been determined, subsequent measurements may be corrected for bias in the following manner.

- Calculate the x_i, y_i components of the measured concentricity error using Equations (G.3) and (G.4).
- Subtract the components of the bias X_0, Y_0 from the measured components x_i, y_i .
- Compute the corrected concentricity value C_{cor} using the following equation:

$$C_{cor} = \sqrt{(x_i - X_0)^2 + (y_i - Y_0)^2} \quad (\text{G.8})$$

The resulting uncertainty in the concentricity error measurement may be determined using Equation (G.2) where the term CB is subtracted from the result.

Annex H (informative)

Estimation of uncertainty in the measurement of non-circularity

H.1 Method of estimating uncertainty in non-circularity measurement

The uncertainty in the measurement of non-circularity is not dependent on the calibration of the system scaling factor. This is because non-circularity is expressed as a ratio (see 5.6). Some factors affecting uncertainty are given below.

- a) The determination of the core or cladding centres, depending on which is being measured, is dependent on the method of curve fitting used, on the number of data points available, and also on the cleanliness and cleave quality of the fibre end.
- b) In the case of a fibre core measurement, the non-circularity of the core image may be sensitive to the layout of the fibre.
- c) The presence of a non-circularity bias, which may be due to distortions in the optical imaging or illumination systems.

To estimate the uncertainty in non-circularity measurement, the following terms are used:

u	statistical uncertainty in measurement
n	number of measurements performed
NCB	non-circularity bias
u_{NCB}	uncertainty in non-circularity bias
u_{Op}	uncertainty due to cleave effects

The uncertainty u_{NC} in non-circularity is given by:

$$u_{NC} = \sqrt{(u_{Op}^2 + u^2/n + u_{NCB}^2)} + NCB \quad (H.1)$$

H.2 Determination of u

Determine the statistical uncertainty in measurement using Equation (A.2).

H.3 Determination of u_{Op}

The operational uncertainty comprises the uncertainty in the determination of non-circularity due to the effects of cleave damage.

The operational uncertainty may be estimated using Equation (A.5).

H.4 Determination of NCB

H.4.1 General

The non-circularity bias is defined as the distortion of the fibre shape by the imaging system. Its effect on the measured value will depend on the orientation of the fibre end. Two alternative methods to estimate non-circularity are now given.

H.4.2 Method A: uncalibrated artefact

An optical fibre or a chromium-on-glass annulus or circle is required, the diameter of which should be within 5 µm of the diameter of the fibre to be measured on the test set after calibration. The test consists in measuring the non-circularity of the artefact at several rotational positions. A typical angular spacing is 60°. A variation in the measured values indicates the presence of a bias in the test set.

The non-circularity bias is approximated by one half of the range of non-circularity values measured according to the following equation:

$$NCB = \frac{(NC_{\max} - NC_{\min})}{2} \quad (H.2)$$

where $NC_{\max}$ and $NC_{\min}$ are the maximum and minimum values of non-circularity, respectively.

H.4.3 Method B: calibrated artefact

If the non-circularity of the artefact used is specified as less than a calibrated value u_{cal} , the non-circularity bias may be measured directly. Perform a non-circularity measurement NC on the artefact at an arbitrary orientation. The non-circularity bias is then given by:

$$NCB \leq NC + u_{\text{cal}} \quad (H.3)$$

NOTE The value of NCB determined using method B is the maximum value of the bias in the test set and can be slightly larger than that obtained using method A.

H.5 Determination of u_{NCB}

- a) If method A in H.1.4.2 is used, the uncertainty in the non-circularity bias is estimated using the following equation:

$$u_{\text{NCB}} = \frac{u}{\sqrt{2}} \quad (H.4)$$

where u is the statistical uncertainty in the measurement of non-circularity.

- b) If method B in H.1.4.3 is used, the uncertainty in the non-circularity bias is estimated using the following equation:

$$u_{\text{NCB}} = u + u_{\text{cal}} \quad (H.5)$$

Bibliography

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61745:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	45
INTRODUCTION.....	47
1 Domaine d'application	48
2 Références normatives	48
3 Termes et définitions	48
4 Informations générales et préparation pour l'étalonnage	51
4.1 Paramètres géométriques des fibres optiques	51
4.2 Description des dispositifs d'essai de géométrie	51
4.3 Exigences relatives aux étalons pour étalonnage	52
5 Etalonnage	52
5.1 Généralités	52
5.2 Justification de l'étalonnage des dispositifs d'essais de géométrie	52
5.2.1 Généralités	52
5.2.2 Vérification de l'état d'étalonnage	53
5.3 Procédure d'étalonnage	54
5.3.1 Conseil d'ordre général et organisation	54
5.3.2 Exigences relatives aux essais	54
5.3.3 Exigences relatives aux étalons pour étalonnage	54
5.3.4 Détermination des facteurs d'étalonnage	55
5.4 Procédure de vérification d'étalonnage	56
5.5 Linéarité spatiale	57
5.6 Etalonnage de la mesure d'erreur de concentricité cœur/gaine	57
5.7 Etalonnage de la mesure de non-circularité	57
6 Evaluation des incertitudes	57
6.1 Généralités	57
6.2 Evaluation de l'incertitude dans l'étalonnage de dispositifs d'essais	58
6.2.1 Généralités	58
6.2.2 Incertitude du facteur d'échelle	58
6.2.3 Incertitude dans le facteur de correction de décalage	59
6.3 Evaluation de l'incertitude dans la mesure d'une fibre	60
6.3.1 Généralités	60
6.3.2 Détermination de $u_{Op,I,F}$	61
6.3.3 Détermination de $u'_{I,F}$	61
6.4 Evaluation de l'incertitude dans la mesure d'un masque en chrome	61
6.4.1 Généralités	61
6.4.2 Détermination de $u_{Op,I,C}$	62
6.4.3 Détermination de $u'_{I,C}$	62
6.5 Résumé	62
7 Documentation	62
7.1 Enregistrements	62
Annexe A (normative) Base mathématique pour les calculs des incertitudes de mesure.....	63
A.1 Généralités	63
A.2 Évaluation de l'incertitude de type A	63
A.3 Évaluation de l'incertitude de type B	63
A.4 Détermination de l'incertitude-type composée	64
A.5 Rapport.....	65

Annexe B (informative) Calcul des facteurs d'étalonnage	66
B.1 Calcul des facteurs d'échelle	66
B.2 Calcul du facteur de correction de décalage	67
Annexe C (informative) Exemples pour la détermination de facteurs d'étalonnage	69
C.1 Exemple de détermination du facteur d'échelle	69
C.2 Exemple de détermination du facteur de correction de décalage	69
Annexe D (informative) Calcul des incertitudes	70
D.1 Généralités	70
D.1.1 Vue d'ensemble	70
D.1.2 Exemples d'évaluation de type B de l'incertitude	70
D.2 Combinaison de sources d'incertitude	70
D.2.1 Généralités	70
D.2.2 Exemple de combinaison de plusieurs sources d'incertitude	71
D.3 Loi t de Student	72
Annexe E (informative) Exemples pratiques pour la détermination d'incertitudes	73
E.1 Généralités	73
E.2 Exemple de détermination de l'incertitude de facteur d'échelle	73
E.3 Exemple de détermination de l'incertitude de décalage correctif	73
E.4 Exemple de détermination de l'incertitude de mesure d'une fibre	74
E.5 Exemple de détermination de l'incertitude de mesure d'un masque en chrome	74
Annexe F (informative) Création d'étalons de travail	75
F.1 Création d'étalons de travail	75
F.1.1 Généralités	75
F.1.2 Conditions de mesure	75
F.2 Procédure pour la création d'étalons de travail	75
F.2.1 Lorsque l'artefact-fille est une fibre	75
F.2.2 Lorsque l'artefact-fille est un artefact en chrome sur verre	75
Annexe G (informative) Estimation de l'incertitude dans la mesure de l'erreur de concentricité cœur/gaine	76
G.1 Méthode d'estimation de l'incertitude dans la mesure de l'erreur de concentricité	76
G.1.1 Généralités	76
G.1.2 Détermination de u	76
G.1.3 Détermination de u_{OP}	76
G.1.4 Détermination de CB	76
G.1.5 Détermination de u_{CB}	78
G.2 Correction pour biais de concentricité	78
Annexe H (informative) Estimation de l'incertitude dans la mesure de la non-circularité	79
H.1 Méthode d'estimation de l'incertitude dans la mesure de la non-circularité	79
H.2 Détermination de u	79
H.3 Détermination de u_{Op}	79
H.4 Détermination de NCB	79
H.4.1 Généralités	79
H.4.2 Méthode A: artefact non étalonné	80
H.4.3 Méthode B: artefact étalonné	80
H.5 Détermination de u_{NCB}	80
Bibliographie	81

Figure 1 – Exemple d'une chaîne d'étalonnage et accumulation des incertitudes	53
Figure B.1 – Représentation d'un masque d'étalonnage en forme de grille	66
Figure B.2 – Représentation d'un masque d'étalonnage en forme d'anneau	67
Figure B.3 – Calcul du décalage correctif	68
Tableau D.1 – Valeurs de t pour un niveau de confiance spécifié	72
Tableau G.1 – Valeurs mesurées pour des positions angulaires	78

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61745:2017

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PROCÉDURE D'ANALYSE D'IMAGE D'EXTRÉMITÉ POUR L'ÉTALONNAGE
DE DISPOSITIFS D'ESSAIS DE GÉOMÉTRIE DES FIBRES OPTIQUES****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique 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. A 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 61745 a été établie par le comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1998, dont elle constitue une révision technique.

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

- a) retrait de la restriction des dispositifs d'essais de géométrie aux fibres optiques unimodales pour inclure les fibres optiques multimodales;
- b) ajout d'une nouvelle annexe portant sur les bases mathématiques.

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

CDV	Report on voting
86/510/CDV	86/516/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.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61745:2017

INTRODUCTION

Dans les environnements de la recherche et de la production, il existe une gamme de méthodes d'essais pour caractériser la géométrie des fibres optiques. En outre, chaque méthode d'essai peut déterminer un ou plusieurs paramètres exigés pour une caractérisation complète de la géométrie. L'IEC 61745 décrit l'étalonnage de dispositifs d'essais qui effectuent une analyse d'image d'extrémité, également appelée "analyse de champ proche" ou "analyse d'échelle de gris". Les principes peuvent toutefois être appliqués à des dispositifs d'essais d'un type différent.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61745:2017

PROCÉDURE D'ANALYSE D'IMAGE D'EXTRÉMITÉ POUR L'ÉTALONNAGE DE DISPOSITIFS D'ESSAIS DE GÉOMÉTRIE DES FIBRES OPTIQUES

1 Domaine d'application

Le présent document décrit l'étalonnage de dispositifs d'essais qui effectuent une analyse d'image d'extrémité, également appelée "analyse de champ proche" ou "analyse d'échelle de gris". Les principes peuvent toutefois être appliqués à des dispositifs d'essais d'un type différent.

Les procédures indiquées sont réalisées par des laboratoires d'étalonnage et par les fabricants ou les utilisateurs de dispositifs d'essais de géométrie, à des fins d'étalonnage de dispositifs d'essais de géométrie et d'évaluation des incertitudes des mesures effectuées sur des dispositifs d'essais étalonnés. Le présent document ne couvre pas l'étalonnage de dispositifs d'essais de mesure de câbles ou de revêtements de fibres.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes 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>

3.1

laboratoire d'étalonnage agréé

laboratoire d'étalonnage autorisé par l'organisation nationale compétente à émettre des certificats d'étalonnage qui démontrent la traçabilité aux étalons nationaux

3.2

artefact

objet mesuré sur un dispositif d'essai de géométrie ou utilisé pour étalonner un dispositif d'essai de géométrie

EXEMPLE Une fibre optique ou un motif en chrome sur verre sont des exemples d'artefacts.

3.3

étalonnage

ensemble des opérations qui établissent, dans des conditions spécifiées, la relation entre les valeurs fournies par un appareil de mesure et les valeurs correspondantes fournies par des étalons

Note 1 à l'article: Le résultat d'un étalonnage permet soit l'attribution des valeurs de mesurandes aux indications, soit la détermination de corrections par rapport aux indications.

Note 2 à l'article: Un étalonnage peut également déterminer d'autres propriétés métrologiques, telles que les effets de grandeurs d'influence.

Note 3 à l'article: Le résultat d'un étalonnage peut être enregistré dans un document, appelé "certificat d'étalonnage" ou "rapport d'étalonnage".

3.4

chaîne d'étalonnage

chaîne de transferts, d'un étalon national au dispositif d'essai de géométrie, réalisés par des étalons intermédiaires ou des étalons de travail

Note 1 à l'article: Voir $U = k \times u$.

3.5

vérification d'étalonnage

détermination selon laquelle un dispositif d'essai de géométrie précédemment étalonné mais ayant atteint sa date limite d'étalonnage demeure dans les limites d'incertitude spécifiées

Note 1 à l'article: Si le dispositif d'essai de géométrie a dérivé hors de ces limites, un réétalonnage est nécessaire. Autrement, la période de revérification peut être prolongée d'une période déclarée.

Note 2 à l'article: Le dispositif d'essai peut être contrôlé à l'aide d'un étalon de travail.

3.6

étalon pour étalonnage

artefact étalonné par rapport à un étalon de référence et utilisé pour étalonner des dispositifs d'essais

Note 1 à l'article: L'artefact peut être une fibre optique ou d'un motif en chrome sur verre.

Note 2 à l'article: L'usage correct d'un étalon pour étalonnage garantit la traçabilité.

Note 3 à l'article: Le terme comprend l'étalon de référence, l'étalon de transfert et le ou les étalons de travail, dans l'ordre décroissant d'incertitude métrologique.

3.7

incertitude-type composée

combinaison de plusieurs incertitudes-types individuelles

Note 1 à l'article: Il convient d'éviter le terme "exactitude" dans ce contexte.

Note 2 à l'article: Dans les rapports d'étalonnage et les fiches techniques, l'incertitude-type composée dans la mesure des dispositifs d'essais de géométrie est exprimée comme une incertitude élargie globale, avec le niveau de confiance applicable, par exemple 95,5 % ou 99,7 %.

3.8

niveau de confiance

estimation de la probabilité que la valeur vraie d'un paramètre mesuré s'inscrive dans les limites d'une plage donnée (incertitude élargie)

3.9

décalage correctif

nombre ajouté au résultat ou soustrait du résultat de la mesure d'un dispositif d'essai afin de corriger un effet physique connu

3.10

facteur d'élargissement

k

facteur utilisé pour calculer l'incertitude élargie, U , à partir de l'incertitude-type, u

3.11

incertitude élargie

U

plage de valeurs à l'intérieur de laquelle le paramètre de mesure, au niveau de confiance indiqué, est censé se trouver

Note 1 à l'article: Elle est égale au produit du facteur d'élargissement, k , par l'incertitude-type composée, u .

$$U = k \times u \quad (1)$$

Note 2 à l'article: Lorsque la distribution des incertitudes est considérée comme normale et qu'un grand nombre de mesures ont été effectuées, alors les niveaux de confiance de 68,3 %, 95,5 % et 99,7 % correspondent, respectivement, à des valeurs de k de 1, 2 et 3.

3.12

dispositif d'essai de géométrie

instrument utilisé pour mesurer les paramètres géométriques d'une fibre optique

Note 1 à l'article: Les paramètres mesurés dépendent du type de dispositif d'essai de géométrie.

3.13

fibre-fille

fibre dont la géométrie doit être mesurée sur un dispositif d'essai de géométrie étalonné

3.14

état d'instrument

description des conditions de mesure du dispositif d'essai de géométrie pendant l'étalonnage et la mesure

Note 1 à l'article: Les conditions de mesure sont par exemple les adaptations de forme utilisées, les systèmes de filtrage des données employés et d'autres informations importantes concernant le dispositif d'essai, telles que le temps de mise en route et la date d'étalonnage.

3.15

étalon national

étalon reconnu par une décision nationale pour servir, dans un pays, comme base à l'attribution de valeurs à d'autres étalons de grandeurs de la même nature

[SOURCE: Guide ISO/IEC 99:2007, 5.3, modifié – La définition a été reformulée.]

3.16

laboratoire national de normalisation

laboratoire qui conserve l'étalon national

3.17

plage de fonctionnement

plage des conditions dans lesquelles le dispositif d'essai de géométrie est conçu pour fonctionner dans la limite de l'incertitude élargie déclarée

Note 1 à l'article: De telles conditions incluent le diamètre de la fibre mesurée et les conditions environnementales telles que la température.

3.18

étalon de référence

artefact mesuré au laboratoire d'étalonnage, la mesure étant traçable à des étalons nationaux

3.19

facteur d'échelle

rapport des valeurs étalons connues pour un étalon pour étalonnage aux valeurs indiquées par le dispositif d'essai de géométrie lorsqu'aucun décalage correctif n'est appliqué

3.20

incertitude-type

u

incertitude d'un résultat de mesure exprimée sous la forme d'un écart-type

Note 1 à l'article: Pour des informations supplémentaires, voir l'Annexe A et le Guide ISO/IEC 98-3.

3.21

traçabilité

aptitude à démontrer une chaîne d'étalonnage ayant pour origine un étalon national, dans le cas d'un résultat de mesure ou d'un dispositif d'essai de géométrie

Note 1 à l'article: Les dispositifs d'essais de géométrie étalonnés par les procédures présentées dans le présent document sont traçables. La traçabilité directe des résultats de mesure à un laboratoire national de normalisation ou à un laboratoire d'étalonnage agréé doit être démontrée. Cette traçabilité comprend les programmes d'étalonnage de tous les artefacts dans la chaîne d'étalonnage et les calculs détaillés de toutes les incertitudes de transfert (cumulatives) dans la chaîne d'étalonnage.

Note 2 à l'article: L'utilisation d'un étalon de travail seul pour comparer ou surveiller l'étalonnage des dispositifs d'essais de géométrie ne peut pas établir ou rétablir la traçabilité, mais ne peut que prolonger la durée de la certification de traçabilité si aucune modification n'est observée.

3.22

étalon de transfert

étalon étalonné par rapport à un étalon de référence et utilisé pour étalonner des dispositifs d'essais de géométrie

3.23

incertitude de transfert

estimation caractérisant l'incertitude d'une mesure provoquée par des incertitudes dans le processus de transfert, à un niveau de confiance donné (comme des modifications dans les conditions environnementales)

Note 1 à l'article: Ces incertitudes peuvent provenir tant des étalons pour étalonnage utilisés que du dispositif d'essai de géométrie.

3.24

étalon de travail

étalon utilisé couramment pour étalonner ou vérifier des instruments de mesure

4 Informations générales et préparation pour l'étalonnage

4.1 Paramètres géométriques des fibres optiques

Il est nécessaire de caractériser les propriétés géométriques des fibres optiques afin de garantir des performances mécaniques et optiques satisfaisantes. Les paramètres géométriques mesurés par les types de dispositifs d'essais comprennent les points suivants:

- a) diamètre de gaine (surface de référence);
- b) non-circularité de la gaine;
- c) erreur de concentricité cœur/gaine.

4.2 Description des dispositifs d'essai de géométrie

Les dispositifs d'essais à image d'extrémité ou à échelle de gris comprennent habituellement un microscope optique, une source d'éclairage, un dispositif électronique d'enregistrement d'images tel qu'un appareil photographique (caméra), et un moyen de stockage des données d'images pour effectuer un traitement par un ordinateur numérique. Une seconde source d'éclairage est habituellement utilisée pour envoyer un rayonnement lumineux dans l'autre extrémité de la fibre. Cela permet également de mesurer la position du cœur de la fibre. Une séquence de mesure typique est la suivante: une extrémité de fibre clivée est placée dans le port de mesure de l'instrument et une image de l'extrémité de la fibre est formée sur la caméra. L'image de la fibre est focalisée, généralement sous la commande automatique d'un ordinateur, numérisée, puis transférée à un autre ordinateur qui détermine les paramètres géométriques de la fibre.

La qualité de l'extrémité de la fibre est critique dans cette méthode et la présence de dommages dus au clivage, tels que des copeaux ou une rugosité des bords, peut affecter

gravement la mesure. Il est donc habituel d'employer des méthodes de filtrage de données afin de diminuer la sensibilité du résultat mesuré à la présence de dommages dus au clivage.

4.3 Exigences relatives aux étalons pour étalonnage

La procédure d'étalonnage détaillée dans le présent document exige l'utilisation d'artefacts d'étalonnage traçables. Ces artefacts consistent en une extrémité de fibre étalonnée et en un masque en chrome sur verre. Leurs dimensions nominales sont traitées en 5.3.3 et 5.5.

5 Etalonnage

5.1 Généralités

La procédure d'étalonnage comprend les deux opérations suivantes.

- a) Le grossissement, ou facteur d'échelle, du système d'image est étalonné. Il s'agit d'un procédé similaire aux méthodes classiques d'étalonnage pour microscopes optiques, excepté qu'un étalonnage en deux dimensions est exigé dans le cas présent.
- b) Un décalage correctif est déterminé. Ce décalage est exigé pour corriger les effets systématiques tels que la diffraction au bord de la fibre, les différences entre la façon dont l'artefact d'étalonnage a été étalonné et la méthode de mesure dans le dispositif d'essai, ainsi que la distorsion de l'image du bord de la fibre par l'échantillonnage par caméra.

L'Annexe B fournit des exemples pratiques de détermination des facteurs d'étalonnage.

L'étalonnage est valide lorsqu'il est appliqué aux mesures de la manière suivante:

- les facteurs d'échelle sont appliqués de façon multiplicative aux données brutes provenant de la caméra, avant d'appliquer des adaptations de forme et de calculer le diamètre de la gaine de la fibre soumise aux essais;
- le décalage correctif est appliqué de façon additive à la valeur calculée du diamètre de la gaine de la fibre soumise aux essais.

NOTE 1 Le choix d'un critère de réglage de bord définissant la position du bord de gaine est important, et l'étalonnage ne s'applique qu'aux mesures utilisant le même critère que celui utilisé au moment de l'étalonnage.

NOTE 2 Dans certaines circonstances, il est suffisant de n'étalonner que le facteur d'échelle, à l'aide d'un étalon en fibre ou en chrome sur verre. Cette approche peut toutefois augmenter les incertitudes lors de la mesure de fibres dont les diamètres sont significativement différents de celui de l'étalon pour étalonnage utilisé.

5.2 Justification de l'étalonnage des dispositifs d'essais de géométrie

5.2.1 Généralités

La mesure du diamètre de gaine est commune à la plupart des types de dispositifs d'essais de géométrie, si bien que l'étalonnage de ce paramètre est très important pour comparer différents types de dispositifs d'essais. Toutefois, le présent document ne détaille que l'étalonnage des dispositifs d'essais qui réalisent une analyse d'image d'extrémité.

Fondamentalement, l'étalonnage est réalisé en soumettant le dispositif d'essai à des étalons pour étalonnage géométrique indépendants. Ce sont ces étalons qui forment la chaîne d'étalonnage et qui contribuent donc à l'incertitude de transfert.

La procédure est décrite en 5.3. La chaîne d'étalonnage complète est représentée à la Figure 1.

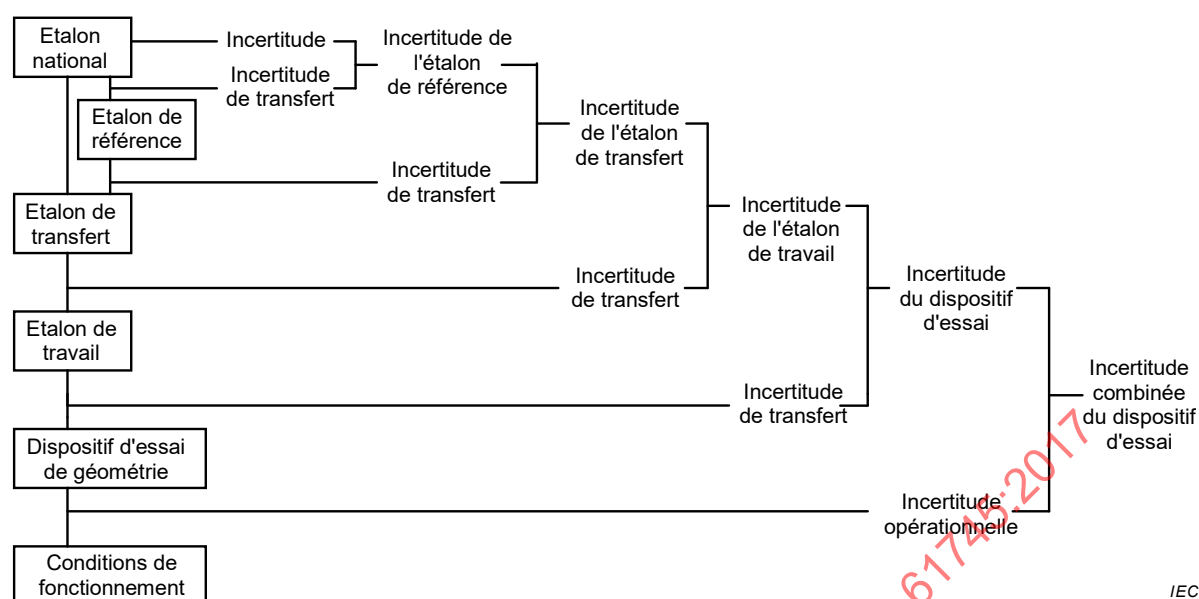


Figure 1 – Exemple d'une chaîne d'étalonnage et accumulation des incertitudes

L'étalonnage de la mesure de l'erreur de concentricité cœur/gaine et de la non-circularité n'est pas décrit, car il n'existe pas de matériaux de référence étalons disponibles au moment de la rédaction du présent document. Toutefois, des procédures permettant d'estimer les incertitudes obtenues dans la mesure de ces paramètres sont indiquées respectivement à l'Annexe G et à l'Annexe H.

5.2.2 Vérification de l'état d'étalonnage

Pour une vérification de routine, telle qu'il peut en être fréquemment mené sur les dispositifs d'essais de géométrie utilisés, il suffit de vérifier (et non de réinitialiser) l'état de l'étalonnage des dispositifs d'essais de géométrie à l'aide d'un étalon de travail qui peut être une fibre ou un masque en chrome sur verre.

L'Annexe F donne une procédure de création d'un étalon de travail.

La vérification de l'état d'étalonnage et l'étalonnage même doivent être clairement différenciés. Bien qu'il soit suffisant d'établir la stabilité du dispositif d'essai de géométrie en utilisant l'étalon de travail, cela ne constitue pas un substitut à l'étalonnage complet.

L'utilisation d'un étalon de travail permet de revendiquer la traçabilité continue à des étalons nationaux, s'il est possible d'établir de façon satisfaisante que l'état actuel de l'instrument, les facteurs de correction, etc., sont suffisants pour donner des résultats de géométrie dans la limite d'une incertitude spécifiée et sans altération. Cela signifie simplement que le dispositif d'essai de géométrie est resté stable depuis le dernier étalonnage.

Il est possible de revendiquer une traçabilité continue sur un dispositif d'essai étalonné, à condition que les valeurs mesurées pour l'étalon de travail concordent avec ses valeurs étalonnées dans la limite des incertitudes.

L'étalonnage est essentiel pour la mise en service des dispositifs d'essais de géométrie alors qu'un étalon de travail est utilisé pour la vérification courante de l'étalonnage.

La procédure de vérification d'étalonnage est décrite en 5.4.

5.3 Procédure d'étalonnage

5.3.1 Conseil d'ordre général et organisation

S'assurer que les conditions environnementales correspondent à l'environnement de travail spécifié par le constructeur. Appliquer à tout moment de bonnes pratiques métrologiques.

S'assurer que tous les étalons pour étalonnage utilisés ont été étalonnés conformément à un programme documenté ayant une traçabilité à des laboratoires de normalisation nationaux ou agréés. Dans la mesure du possible, conserver plusieurs étalons à chaque niveau hiérarchique de la chaîne d'étalonnage, de manière à ce que les performances des étalons puissent être vérifiées par des comparaisons au même niveau.

Elaborer une procédure documentée de mesure pour chaque type d'étalonnage réalisé, qui fournit des instructions opératoires pas à pas et indique le matériel à utiliser. Utiliser des fiches de résultats pro forma, des budgets d'incertitude et des certificats d'étalonnage (se reporter à l'Article 7).

Appliquer un système de qualité approprié à l'étendue des mesures. S'assurer que les résultats de mesure ont fait l'objet d'un examen minutieux indépendant et que les calculs intermédiaires et les certificats d'étalonnage ont été élaborés.

5.3.2 Exigences relatives aux essais

- a) Réaliser tous les essais à une température et à une humidité relative qui s'inscrivent dans la limite de la spécification du constructeur pour le dispositif d'essai.
- b) Accorder suffisamment de temps pour que le dispositif d'essai de géométrie et le matériel d'essai atteignent l'équilibre thermique avec l'environnement conformément aux recommandations du constructeur pour le dispositif d'essai et les étalons pour étalonnage utilisés, avant de commencer la procédure d'étalonnage.
- c) Mettre en place le dispositif d'essai de géométrie selon les réglages appropriés pour les procédures d'étalonnage, conformément aux recommandations du constructeur.
- d) S'assurer, dans la mesure du possible, que toutes les surfaces optiques accessibles et tous les étalons pour étalonnage sont propres avant les mesures.

5.3.3 Exigences relatives aux étalons pour étalonnage

L'utilisation d'étalons pour étalonnage traçables à des laboratoires nationaux de normalisation est obligatoire. La procédure d'étalonnage exige l'utilisation des éléments suivants.

- a) Une échelle de mesure étalonnée. Il s'agit d'un masque en chrome sur verre comportant un motif typiquement composé de points, de lignes, de cercles ou d'anneaux.
- b) Une extrémité de fibre ayant un diamètre de gaine étalonné. Il convient que la fibre soit constituée du même matériau ayant un diamètre de gaine égal à 5,0 μm près au diamètre de gaine nominal des fibres à mesurer par le dispositif d'essai et ayant une non-circularité inférieure à 0,5 %.

L'extrémité de fibre étalonnée ne doit pas être reclinée, car il existe des variations de diamètre sur la longueur de la fibre.

Si l'extrémité de la fibre est endommagée ou ne peut être suffisamment nettoyée, il convient de ne pas l'utiliser aux fins d'étalonnage.

Pour la vérification de l'étalonnage (se reporter à 5.4), l'étalon peut être une fibre ou un motif en chrome sur verre ayant des valeurs géométriques traçables.

5.3.4 Détermination des facteurs d'étalonnage

5.3.4.1 Généralités

L'Annexe B fournit un calcul des facteurs d'étalonnage.

5.3.4.2 Facteur d'échelle

Utiliser un masque en chrome sur verre pour étalonner le facteur d'échelle. Il peut s'agir d'un réseau de points ou de lignes ou d'une structure annulaire. Le principe de l'étalonnage est de mesurer la distance entre les graduations.

NOTE L'uniformité du facteur d'échelle sur l'angle de champ du système d'imagerie (appelée "linéarité spatiale") a un effet sur l'incertitude qui peut être transférée aux mesures portant sur les fibres et également aux mesures d'erreur de concentricité cœur/gaine. Une méthode pour estimer la linéarité spatiale est décrite en 5.5.

Les facteurs d'échelle pour les axes x et y de la caméra sont donnés par:

$$S_x = \frac{Dx_c}{Dx_m} \quad (2)$$

$$S_y = \frac{Dy_c}{Dy_m} \quad (3)$$

où

Dx_m est l'espacement mesuré des graduations sur l'axe x ;

Dy_m est l'espacement mesuré des graduations sur l'axe y ;

Dx_c est l'espacement étalonné des graduations sur l'axe x ;

Dy_c est l'espacement étalonné des graduations sur l'axe y .

La procédure pour mesurer la distance entre les graduations dépend du type de masque de chrome utilisé, de la manière suivante.

a) Réseau régulier de points ou de lignes

Former une image du réseau qui soit compatible avec le fonctionnement normal du dispositif d'essai. Mesurer les distances entre les graduations dans deux directions orthogonales, parallèles aux axes de balayage de la caméra. Il convient que la distance sur laquelle l'étalonnage est effectué soit dans la limite de 5 μm du diamètre nominal des fibres à mesurer par le dispositif d'essai. Il est souhaitable d'aligner les axes du réseau pour qu'ils soient parallèles aux axes de balayage de la caméra. Toutefois, s'ils ne peuvent être alignés, il est nécessaire d'appliquer une compensation du défaut d'alignement angulaire.

b) Anneau

Former une image de l'anneau qui soit compatible avec le fonctionnement normal du dispositif d'essai. Appliquer des adaptations de formes elliptiques aux bords intérieurs et extérieurs de l'anneau. Déterminer les diamètres mesurés Dx_m et Dy_m sur les axes x et y de la manière suivante:

$$Dx_m = \frac{Dx_{\text{inner}} + Dx_{\text{outer}}}{2} \quad (4)$$

et

$$Dy_m = \frac{Dy_{\text{inner}} + Dy_{\text{outer}}}{2} \quad (5)$$

où

Dx_{inner}	est le diamètre mesuré de l'anneau intérieur sur l'axe x ;
Dy_{inner}	est le diamètre mesuré de l'anneau intérieur sur l'axe y ;
Dx_{outer}	est le diamètre mesuré de l'anneau extérieur sur l'axe x ;
Dy_{outer}	est le diamètre mesuré de l'anneau extérieur sur l'axe y .

Il convient que le diamètre de l'anneau soit égal à 5 μm près au diamètre nominal des fibres à mesurer par le dispositif d'essai. Pour la commodité d'utilisation, si par hypothèse Dx_m est égal à Dy_m , toute non-circularité dans l'anneau affecte la détermination de l'incertitude dans les mesures ultérieures de non-circularité de fibre (se reporter à 5.7).

Calculer l'incertitude dans la détermination des facteurs d'échelle comme indiqué à l'Article 6.

5.3.4.3 Décalage correctif

Pour étalonner le décalage correctif, une fibre étalonée est exigée. Former une image de l'extrémité de fibre qui soit compatible avec le fonctionnement normal du dispositif d'essai et appliquer un algorithme d'adaptation de formes au bord de la fibre. Déterminer le décalage correctif O de la manière suivante:

$$O = D_{P,F} - D'_{P,F} \times S \quad (6)$$

où

$D_{P,F}$	est le diamètre étaloné de la fibre;
$D'_{P,F}$	est le diamètre mesuré de la fibre (le facteur d'échelle n'étant pas appliqué);
P	signifie "parent";
F	"fibre".

Et S , le facteur d'échelle moyen, est représenté par:

$$S = \frac{S_x + S_y}{2}$$

Donc $D'_{P,F} \times S$ est égal au diamètre mesuré de la fibre, exprimé en micromètres.

Calculer l'incertitude dans la détermination du décalage correctif comme indiqué à l'Article 6.

5.4 Procédure de vérification d'étalonnage

Cette procédure est utilisée pour vérifier l'étalonnage du dispositif d'essai de géométrie. Elle n'est pas utilisée pour déterminer des facteurs d'étalonnage, mais elle peut l'être pour vérifier la stabilité du dispositif d'essai depuis le dernier étalonnage.

Tant que le dispositif d'essai de géométrie a déjà été étaloné et que la mesure d'un étalon de travail ne révèle pas une incertitude géométrique supérieure à l'incertitude totale permise, la revendication de la traçabilité peut être étendue.

- S'assurer que les exigences relatives aux essais fournies en 5.3.2 ont été satisfaites.
- Comparer l'étalon de travail avec le dispositif d'essai de géométrie considéré.

- c) Dans le cas où l'étalon de travail est
- une fibre: mesurer le diamètre de gaine moyen;
 - un masque en chrome sur verre: mesurer la distance entre les graduations.

Comparer les valeurs mesurées aux valeurs de référence et enregistrer les différences éventuelles. Il est nécessaire de répéter plusieurs fois la mesure afin de réduire statistiquement l'incertitude de la valeur moyenne mesurée.

5.5 Linéarité spatiale

L'incertitude dans la mesure de fibres dont le diamètre diffère de plus de 5 μm de celui de la fibre utilisée pour l'étalonnage peut être estimée d'une des deux manières suivantes.

- a) Mesurer un artefact en chrome sur verre en différents endroits dans l'angle de champ.
b) Mesurer l'espacement entre graduations d'un réseau de lignes ou de points, sur tout l'angle de champ.

Dans un cas comme dans l'autre, la dimension linéaire de l'artefact ou l'intervalle doit être inférieur au quart du diamètre de la fibre d'étalonnage utilisée. Si la méthode a) est utilisée, seul un étalonnage nominal de l'artefact est nécessaire. Si la méthode b) est utilisée, il est nécessaire d'utiliser un artefact dont chaque intervalle est étalonné.

Une variation de facteur d'échelle sur l'angle de champ indique la présence d'une source d'incertitude dans l'étalonnage du facteur d'échelle du dispositif d'essai. L'importance de cette incertitude dépend de la plage des diamètres de fibre à mesurer sur le dispositif d'essai étalonné. Estimer la valeur de l'incertitude et l'ajouter à l'incertitude totale du facteur d'échelle, u_S , obtenue en 6.2.2.

5.6 Etalonnage de la mesure d'erreur de concentricité cœur/gaine

L'erreur de concentricité cœur/gaine est définie comme la distance entre les centres du cœur et de la gaine d'une fibre optique.

Au moment de la rédaction du présent document, il n'existe pas de matériaux de référence normalisés (SRM: standard reference material) provenant de laboratoires de normalisation, pour un étalonnage direct de ce paramètre. L'Annexe G fournit une procédure qui décrit la façon d'estimer l'incertitude obtenue dans la mesure de l'erreur de concentricité.

5.7 Etalonnage de la mesure de non-circularité

La non-circularité est définie comme la différence de distance radiale entre des points du bord qui sont respectivement le plus éloigné et le plus proche du centre ajusté, divisée par le rayon ajusté. Dans le cas d'une adaptation de forme elliptique, la non-circularité est la différence entre le grand et le petit axe, divisée par leur moyenne.

Au moment de la rédaction du présent document, il n'existe pas de matériaux de référence normalisés (SRM: standard reference material) provenant de laboratoires de normalisation, pour un étalonnage direct de ce paramètre. L'Annexe H fournit une procédure qui décrit la façon d'estimer l'incertitude obtenue dans la mesure de la non-circularité.

6 Evaluation des incertitudes

6.1 Généralités

L'Article 6 traite de la manière d'indiquer les incertitudes d'étalonnage d'un dispositif d'essai et celles des mesures ultérieures. L'analyse est fondée sur les mathématiques statistiques indiquées à l'Annexe D. Il est important de choisir un niveau de confiance auquel les

incertitudes sont calculées et d'utiliser les valeurs appropriées du facteur d'élargissement pour chaque calcul (se reporter à la définition 3.10 et à l'Article D.3).

L'incertitude d'étalonnage du dispositif d'essai est exposée en 6.2. L'incertitude de mesure d'une fibre est exposée en 6.3. L'incertitude de mesure d'un masque chrome sur verre est exposée en 6.4.

Des exemples pratiques pour la détermination des incertitudes sont présentés à l'Annexe E.

6.2 Evaluation de l'incertitude dans l'étalonnage de dispositifs d'essais

6.2.1 Généralités

La procédure d'étalonnage (se reporter à 5.3.4) comprend deux opérations. En premier lieu, il s'agit de déterminer un facteur d'échelle, puis un décalage correctif. Les sources d'incertitudes de ces deux paramètres doivent être évaluées afin d'estimer l'incertitude d'étalonnage du dispositif d'essai.

6.2.2 Incertitude du facteur d'échelle

6.2.2.1 Généralités

Les termes suivants sont utilisés:

S	facteur d'échelle
$D_{P,C}$	espacement étalonné des graduations d'un étalon-parent en chrome
$u_{P,C}$	incertitude dans l'étalonnage d'un étalon-parent en chrome
$D'_{P,C}$	espacement mesuré des graduations d'un étalon-parent en chrome (données brutes)
$u'_{P,C}$	incertitude statistique dans la mesure d'un étalon-parent en chrome (données brutes)
$u_{Tr,P,C}$	incertitude de transfert d'un étalon-parent en chrome
n_C	nombre de mesures

où P signifie "parent" et C "chrome".

La détermination du facteur d'échelle est décrite en 5.3.4.2 et elle est donnée en termes de deux facteurs d'échelle, un pour chacun des deux axes de caméra. Aux fins d'estimation de l'incertitude dans le facteur d'échelle, les deux facteurs d'échelle peuvent être combinés pour donner l'expression suivante:

$$S = \frac{D_{P,C}}{D'_{P,C}} \quad (7)$$

L'incertitude u_S dans le facteur d'échelle est constituée de l'incertitude d'étalonnage $u_{P,C}$ de l'étalon-parent en chrome, des modifications éventuelles $u_{Tr,P,C}$ qui ont pu se produire dans l'étalon-parent en chrome depuis son étalonnage et de l'incertitude statistique $u'_{P,C}$ dans la mesure de l'étalon-parent en chrome effectuée sur le dispositif d'essai.

L'incertitude relative u_S dans le facteur d'échelle est donnée par:

$$u_S = \sqrt{\frac{u_{Tr,P,C}^2 + u_{P,C}^2 + \left(\frac{u'_{P,C} \times S}{\sqrt{n_C}} \right)^2}{D_{P,C}^2}} \quad (8)$$

6.2.2.2 Détermination de $u_{P,C}$

L'incertitude $u_{P,C}$ dans l'étalonnage de l'étalon-parent peut être déterminée à partir du certificat d'étalonnage ou de la fiche de données concernant le parent. En utilisant l'incertitude élargie $U_{P,C}$ du parent, calculer $u_{P,C}$ de la manière suivante:

$$u_{P,C} = \frac{U_{P,C}}{k} \quad (9)$$

où k est le facteur d'élargissement.

Déterminer k à partir du certificat d'étalonnage du parent.

6.2.2.3 Détermination de $u_{Tr,P,C}$

L'incertitude de transfert peut être due à des facteurs affectant l'étalonnage de l'étalon-parent en chrome, par exemple le vieillissement, des modifications dues à la température et la propreté. Estimer l'incertitude de transfert en utilisant l'Equation (A.5).

6.2.2.4 Détermination de $u'_{P,C}$

Déterminer l'incertitude statistique dans la mesure de l'étalon-parent en chrome en utilisant l'Equation (A.2).

6.2.3 Incertitude dans le facteur de correction de décalage

6.2.3.1 Généralités

Les termes suivants sont utilisés:

S	facteur d'échelle
$D_{P,F}$	diamètre étalonné de l'étalon-parent en fibre
$u_{P,F}$	incertitude d'étalonnage de l'étalon-parent en fibre
$u'_{P,F}$	incertitude statistique dans la mesure d'un étalon-parent en fibre (données brutes)
$u_{Tr,P,F}$	incertitude de transfert de l'étalon-parent en fibre
n_F	nombre de mesures

où P signifie "parent" et F "fibre".

La détermination du facteur de correction de décalage est décrite en 5.3.4.3. Le décalage O est donné par:

$$O = D_{P,F} - D'_{P,F} \times S \quad (10)$$

L'incertitude u_O dans le facteur de décalage est constituée de l'incertitude d'étalonnage $u_{P,F}$ de l'étalon-parent en fibre, des modifications éventuelles $u_{Tr,P,F}$ qui ont pu se produire dans l'étalon en fibre depuis son étalonnage et de l'incertitude statistique $u'_{P,F}$ dans la mesure de l'étalon-parent en fibre effectuée sur le dispositif d'essai.

L'incertitude u dans le décalage est donnée par:

$$u_O = \sqrt{u_{P,F}^2 + u_{Tr,P,F}^2 + \left(\frac{u'_{P,F} \times S}{\sqrt{n_F}} \right)^2} \quad (11)$$

NOTE L'incertitude u_S dans le facteur d'échelle n'est pas comprise dans le calcul de l'Equation (11), car l'erreur dans le facteur d'échelle est compensée dans la détermination du facteur de décalage correctif, conformément à l'Equation (10). Elle contribue toutefois à l'incertitude dans la mesure du diamètre de fibre lorsque le diamètre de la fibre mesurée est différent du diamètre de la fibre d'étalonnage qui a été utilisée pour la détermination du facteur de correction de décalage (se reporter à 6.3).

6.2.3.2 Détermination de $u_{P,F}$

L'incertitude $u_{P,F}$ du parent peut être déterminée à partir de l'incertitude élargie $U_{P,F}$ consignée dans le certificat d'étalonnage ou la fiche de données concernant le parent. L'exprimer comme une incertitude-type $u_{P,F}$ de la manière suivante:

$$u_{P,F} = \frac{U_{P,F}}{k} \quad (12)$$

où k est le facteur d'élargissement.

Déterminer k à partir du certificat d'étalonnage du parent.

6.2.3.3 Détermination de $u_{Tr,P,F}$

L'incertitude de transfert peut être due à des facteurs affectant l'étalonnage de l'étalon-parent en fibre, par exemple le vieillissement, des modifications dues à la température et la propreté. Estimer l'incertitude de transfert en utilisant l'Equation (A.5).

6.2.3.4 Détermination de $u'_{P,F}$

Déterminer l'incertitude statistique dans la mesure de l'étalon-parent en fibre comme indiqué à l'Article A.2.

6.3 Evaluation de l'incertitude dans la mesure d'une fibre

6.3.1 Généralités

Les termes suivants sont utilisés:

$D_{P,F}$	diamètre étalonné de l'étalon-parent en fibre utilisé dans la détermination du décalage
$D_{I,F}$	diamètre de la fibre-fille (à déterminer)
$D'_{I,F}$	diamètre mesuré de la fibre-fille (données brutes)
$u'_{I,F}$	incertitude statistique dans la mesure de la fibre-fille (données brutes)
$u_{Op,I,F}$	incertitude opérationnelle de la fibre-fille
n_F	nombre de mesures

où I signifie "fille" (infant) et F "fibre".

Le diamètre mesuré de la fibre-fille après étalonnage est donné par:

$$D_{I,F} = D'_{I,F} \times S + O \quad (13)$$

L'incertitude $u_{I,F}$ dans la mesure est constituée de l'incertitude u_S dans le facteur d'échelle, de l'incertitude u_O dans le facteur de décalage et de l'incertitude statistique $u'_{I,F}$ dans la mesure de la fibre-fille effectuée sur le dispositif d'essai. En outre, si la mesure dépend de modifications des conditions de la plage de fonctionnement par rapport à celles qui existaient au moment de l'étalonnage, ces modifications doivent être prises en compte sous la forme d'une incertitude opérationnelle $u_{Op,I,F}$. L'incertitude dans la détermination du facteur d'échelle contribue à l'incertitude dans la détermination du diamètre de fibre lorsque le

diamètre de la fibre soumise aux essais est différent de celui de la fibre d'étalonnage qui a été utilisée pour la détermination du facteur de correction de décalage (se reporter à 6.2.3). Elle est incluse comme le terme final dans l'expression ci-après.

L'incertitude $u_{I,F}$ dans le diamètre mesuré de la fibre-fille est donnée par:

$$u_{I,F} = \sqrt{u_O^2 + u_{Op,I,F}^2 + \left(\frac{u'_{I,F} \times S}{\sqrt{n_F}} \right)^2 + (D'_{I,F} \times S - D_{P,F})^2 \times u_S^2} \quad (14)$$

6.3.2 Détermination de $u_{Op,I,F}$

L'incertitude opérationnelle est due à des conditions de fonctionnement différentes de celles qui existaient au moment de l'étalonnage, par exemple la qualité du clivage, la propreté et la température de fonctionnement. Estimer l'incertitude opérationnelle en utilisant l'Equation (A.5).

6.3.3 Détermination de $u'_{I,F}$

Déterminer l'incertitude statistique dans la mesure de la fibre-fille en utilisant l'Article A.2.

6.4 Evaluation de l'incertitude dans la mesure d'un masque en chrome

6.4.1 Généralités

Les termes suivants sont utilisés:

$D_{I,C}$	espacement de graduations du masque-fille en chrome (à déterminer)
$D'_{I,C}$	espacement mesuré des graduations du masque-fille en chrome (données brutes)
$u'_{I,C}$	incertitude statistique dans la mesure du masque-fille en chrome (données brutes)
$u_{Op,I,C}$	incertitude opérationnelle du masque-fille en chrome
n_C	nombre de mesures

où I signifie "fille" (infant) et C "chrome".

Le diamètre mesuré du masque-fille en chrome après étalonnage est donné par:

$$D_{I,C} = D'_{I,C} \times S \quad (15)$$

L'incertitude $u_{I,C}$ dans le diamètre mesuré est constituée de l'incertitude relative u_S dans le facteur d'échelle et de l'incertitude statistique $u'_{I,C}$ dans la mesure du masque-fille en chrome effectuée sur le dispositif d'essai. En outre, si la mesure dépend de modifications des conditions de fonctionnement par rapport à celles qui existaient au moment de l'étalonnage, ces modifications doivent être prises en compte sous la forme d'une incertitude opérationnelle $u_{Op,I,C}$.

L'incertitude $u_{I,C}$ dans le diamètre mesuré du masque-fille en chrome est donnée par:

$$u_{I,C} = \sqrt{u_{Op,I,C}^2 + \left(\frac{u'_{I,C} \times S}{\sqrt{n_C}} \right)^2 + (D'_{I,C} \times u_S)^2} \quad (16)$$

6.4.2 Détermination de $u_{Op,I,C}$

L'incertitude opérationnelle est due à des conditions de fonctionnement différentes de celles qui existaient au moment de l'étalonnage, par exemple la qualité du clivage, la propreté et la température de fonctionnement. Estimer l'incertitude opérationnelle en utilisant l'Equation (A.5).

6.4.3 Détermination de $u'_{I,C}$

Déterminer l'incertitude statistique dans la mesure du masque-fille en chrome comme indiqué à l'Article A.2.

6.5 Résumé

L'incertitude dans l'étalonnage du dispositif d'essai a été évaluée en termes d'incertitude de facteur d'échelle et d'incertitude de facteur de décalage, respectivement en 6.2.2 et 6.2.3.

Les incertitudes dans la mesure d'une fibre d'essai et d'un masque en chrome sur verre sont évaluées en 6.3 et 6.4 respectivement.

La déclaration d'incertitude dans la mesure d'une fibre ou d'un masque en chrome comprend les incertitudes des étalons pour étalonnage utilisés pour étalonner le dispositif d'essai, les incertitudes statistiques de mesure et les éventuelles incertitudes de mesure supplémentaires.

7 Documentation

7.1 Enregistrements

Des enregistrements corrects doivent être tenus lorsqu'un dispositif d'essai de géométrie est étalonné conformément à cette procédure. Ces enregistrements doivent inclure les éléments suivants:

- a) une description du dispositif d'essai et une identification unique (numéro de série);
- b) la date à laquelle l'étalonnage a été réalisé;
- c) les résultats obtenus du processus d'étalonnage (se reporter à l'Article 6);
- d) l'identification de la procédure d'étalonnage suivie;
- e) une identification unique de tous les étalons pour étalonnage utilisés et une certification démontrant la traçabilité;
- f) une identification du personnel réalisant l'étalonnage;
- g) la déclaration des incertitudes impliquées dans l'étalonnage du dispositif d'essai et leur effet cumulé sur les incertitudes dans les facteurs d'échelle et de décalage (se reporter à l'Article 6);
- h) l'état des instruments, tel que les niveaux de seuil pour le choix des points aux bords, les critères de rejet de points et les types d'adaptations de formes appliqués.

Annexe A (normative)

Base mathématique pour les calculs des incertitudes de mesure

A.1 Généralités

L'Annexe A résume le moyen pour évaluer, combiner et consigner les incertitudes de mesure. Elle est fondée sur le Guide ISO/IEC 98-3, mais elle ne dispense pas de consulter ce guide pour plus de détails.

Le présent document distingue deux types d'évaluations de l'incertitude de mesure. Le type A est la méthode d'évaluation de l'incertitude par une analyse statistique d'une série de mesures sur le même mesurande. Le type B est la méthode d'évaluation de l'incertitude fondée sur d'autres connaissances.

A.2 Évaluation de l'incertitude de type A

L'évaluation de l'incertitude-type de type A peut être appliquée lorsque plusieurs observations indépendantes ont été faites pour une grandeur dans les mêmes conditions de mesure.

Pour une grandeur X estimée à partir de n observations indépendantes répétées, X_k , la moyenne arithmétique est:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k \quad (\text{A.1})$$

Cette moyenne est utilisée comme l'estimation de la grandeur, c'est-à-dire $x = \bar{X}$. L'écart-type expérimental des observations est donné par:

$$s(X) = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X})^2 \right]^{1/2} \quad (\text{A.2})$$

où

$\bar{X}$ est la moyenne arithmétique des valeurs observées;

X_k sont les échantillons de mesure d'une série de mesures;

n est le nombre de mesures; par hypothèse il est élevé, par exemple, $n \geq 10$.

L'incertitude-type de type A, $u_{\text{typeA}}(x)$, associée à l'estimation x constitue l'écart-type expérimental de la moyenne:

$$u_{\text{typeA}}(x) = s(\bar{X}) = \frac{s(X)}{\sqrt{n}} \quad (\text{A.3})$$

A.3 Évaluation de l'incertitude de type B

L'évaluation de l'incertitude-type de type B est la méthode permettant d'évaluer l'incertitude par des moyens autres que l'analyse statistique d'une série d'observations. Cette évaluation

est fondée sur un jugement scientifique des informations disponibles sur la variabilité de la grandeur.

Si un certificat d'étalonnage, un manuel technique, des spécifications d'un fabricant ou un autre document donnent l'estimation x d'une grandeur X et son incertitude indiquée $U(x)$ est un multiple k d'un écart-type, alors l'incertitude-type $u(x)$ est simplement la valeur indiquée divisée par le facteur multiplicateur.

$$u(x) = U(x) / k \quad (\text{A.4})$$

Si seules les limites supérieure et inférieure $X_{\max}$ et $X_{\min}$ peuvent être estimées pour la valeur de la grandeur X , par hypothèse, la distribution des probabilités est rectangulaire.

L'incertitude-type est

$$u(x) = \frac{(|X_{\max} - x|, |X_{\min} - x|)_{\text{MAX}}}{\sqrt{3}} \quad (\text{A.5})$$

La contribution à l'incertitude-type associée à l'estimation de sortie y résultant de l'incertitude-type associée à l'estimation d'entrée x est:

$$u(y) = c \times u(x) \quad (\text{A.6})$$

où c est le coefficient de sensibilité associé à l'estimation d'entrée x , qui est la dérivée partielle de la fonction du modèle $y(x)$, évaluée pour l'estimation d'entrée x .

$$c = \frac{\partial y}{\partial x} \quad (\text{A.7})$$

Le coefficient de sensibilité c décrit le degré jusqu'auquel l'estimation de sortie y est influencée par des variations de l'estimation d'entrée x . Il peut être évalué par l'Equation (A.7) ou en utilisant des méthodes numériques, c'est-à-dire en calculant la variation de l'estimation de sortie y engendrée par une variation de l'estimation d'entrée x à partir d'une fonction du modèle. Il est parfois préférable de chercher la variation dans l'estimation de sortie y engendrée par la variation de x à partir d'une expérience.

A.4 Détermination de l'incertitude-type composée

L'incertitude-type composée permet de rassembler plusieurs incertitudes individuelles en un seul nombre. L'incertitude-type composée est fondée sur l'indépendance statistique des incertitudes individuelles. Elle est calculée par une sommation quadratique de toutes les incertitudes-types obtenues à partir des évaluations de type A et de type B:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)} \quad (\text{A.8})$$

où

i est l'indice d'une contribution individuelle;

$u_i(y)$ sont les contributions des incertitudes-types;

n est le nombre d'incertitudes.

NOTE Il est acceptable de négliger les contributions des incertitudes à cette équation qui sont inférieures à 1/10 de la plus grande contribution, car le fait de les élever au carré réduira leur valeur significative de 1/100 par rapport à la plus grande contribution.

Lorsque les grandeurs ci-dessus doivent être utilisées pour d'autres calculs d'incertitude, alors l'incertitude-type composée, u_c , peut être réintégrée dans l'Equation (A.8). En dépit de son origine partiellement de type A, il convient de considérer u_c comme décrivant une incertitude de type B.

A.5 Rapport

Dans les rapports d'étalonnage et les fiches techniques, les incertitudes-types composées doivent être consignées sous la forme d'incertitudes élargies, en association avec le niveau de confiance applicable. Les écarts ou facteurs de correction doivent être consignés. L'incertitude élargie U est obtenue en multipliant l'incertitude-type $u_c(y)$ par un facteur d'élargissement k :

$$U = k \times u_c(y) \quad (\text{A.9})$$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61745:2017

Annexe B (informative)

Calcul des facteurs d'étalonnage

B.1 Calcul des facteurs d'échelle

Voir 5.3.4.2.

Termes utilisés:

Dx_c espacement étalonné des graduations du masque sur l'axe x ;

Dy_c espacement étalonné des graduations du masque sur l'axe y ;

Dx_m espacement mesuré des graduations du masque sur l'axe x ;

Dy_m espacement mesuré des graduations du masque sur l'axe y ;

Dx_{inner} diamètre mesuré de l'anneau intérieur sur l'axe x ;

Dy_{inner} diamètre mesuré de l'anneau intérieur sur l'axe y ;

Dx_{outer} diamètre mesuré de l'anneau extérieur sur l'axe x ;

Dy_{outer} diamètre mesuré de l'anneau extérieur sur l'axe y ;

où les axes x et y sont définis comme étant les axes de balayage de la caméra.

La Figure B.1 montre la manière dont sont définis les espacements mesurés des graduations, Dx_m et Dy_m , d'un masque constitué d'une grille de lignes.

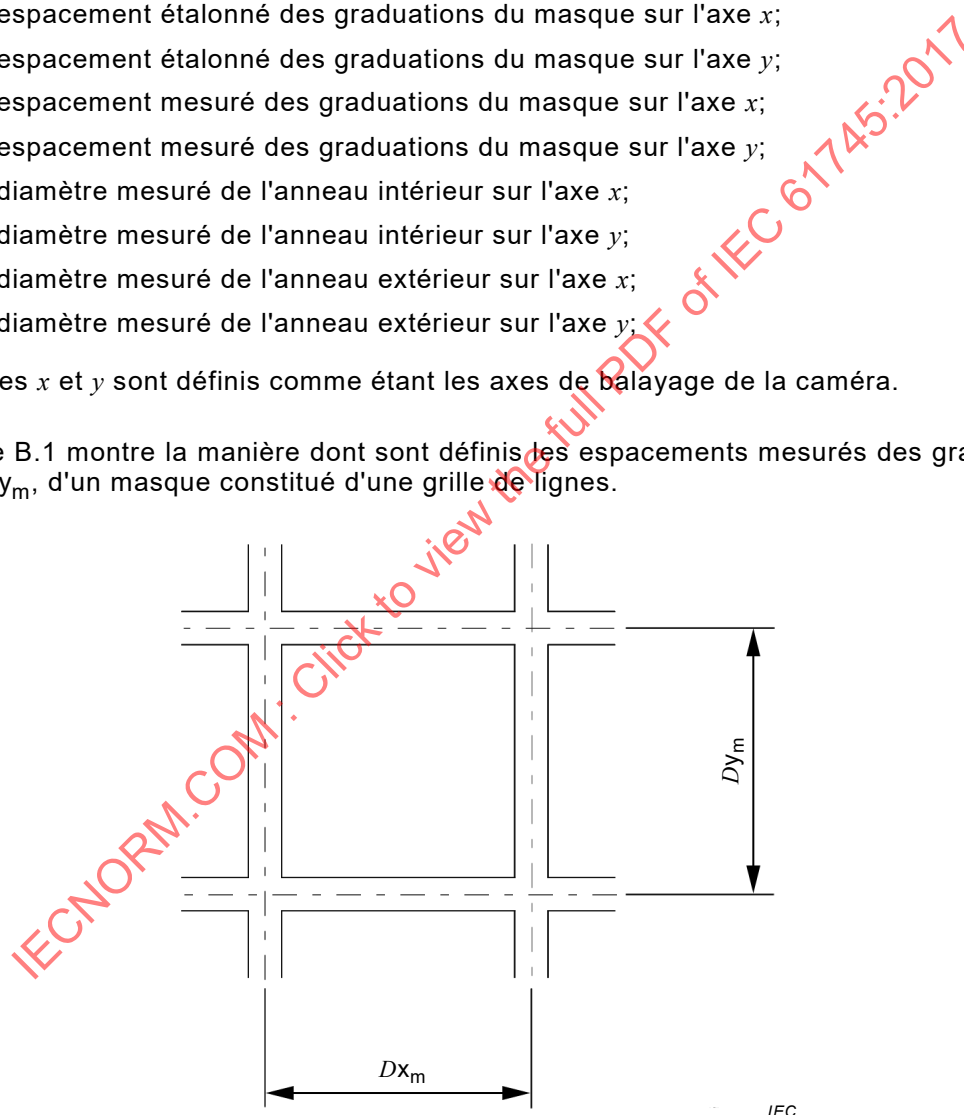


Figure B.1 – Représentation d'un masque d'étalonnage en forme de grille

Les diamètres intérieur et extérieur de l'anneau sur les axes x et y sont obtenus à partir d'adaptations de formes elliptiques appliquées aux bords intérieur et extérieur de l'anneau. La Figure B.2 montre la manière dont sont définis les diamètres mesurés de l'anneau. Les espacements des graduations pour l'anneau sont donnés par:

$$Dx_m = \frac{Dx_{inner} + Dx_{outer}}{2} \quad (B.1)$$