

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60793-1-43

Première édition
First edition
2001-07

Fibres optiques –

**Partie 1-43:
Méthodes de mesure et procédures d'essai –
Ouverture numérique**

Optical fibres –

**Part 1-43:
Measurement methods and test procedures –
Numerical aperture**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60793-1-43:2001

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60793-1-43

Première édition
First edition
2001-07

Fibres optiques –

**Partie 1-43:
Méthodes de mesure et procédures d'essai –
Ouverture numérique**

Optical fibres –

**Part 1-43:
Measurement methods and test procedures –
Numerical aperture**

© IEC 2001 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

M

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Vue d'ensemble de la méthode	10
4 Méthode d'essai de référence	12
5 Appareillage	12
5.1 Système d'entrée	12
5.1.1 Source de lumière	12
5.1.2 Optique d'entrée	12
5.1.3 Support de l'extrémité d'entrée de la fibre et alignement	12
5.1.4 Extracteur de modes de gaine	12
5.2 Dispositif de sortie et détection	12
5.2.1 Méthode 1 – Balayage angulaire (voir figure 1)	14
5.2.2 Méthode 2 – Balayage angulaire (voir figure 2)	14
5.2.3 Méthode 3 – Balayage du diagramme du champ spatial (voir figure 3)	14
5.2.4 Détecteur optique	20
6 Echantillonnage et échantillons à l'essai	20
6.1 Longueur de l'échantillon à l'essai	20
6.2 Face d'extrémité de l'échantillon à l'essai	20
7 Procédure	20
8 Calculs	22
8.1 Valeur théorique maximale en fonction du champ lointain	22
8.2 Angle de l'intensité à 5 %, θ_5	22
8.3 Ouverture numérique, ON_{ff}	22
9 Résultats	22
9.1 Informations à fournir pour chaque mesure	22
9.2 Informations à fournir sur demande	22
10 Informations à mentionner dans la spécification	24
Figure 1 – Méthode 1 – Balayage angulaire	16
Figure 2 – Méthode 2 – Balayage angulaire	16
Figure 3 – Méthode 3 – Balayage du diagramme en champ spatial	18

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	11
2 Normative references.....	11
3 Overview of method.....	11
4 Reference test method.....	13
5 Apparatus.....	13
5.1 Input system.....	13
5.1.1 Light source.....	13
5.1.2 Input optics.....	13
5.1.3 Fibre input end support and alignment.....	13
5.1.4 Cladding mode stripper.....	13
5.2 Output system and detection.....	13
5.2.1 Technique 1 – Angular scan (see figure 1).....	15
5.2.2 Technique 2 – Angular scan (see figure 2).....	15
5.2.3 Technique 3 – Scan of the spatial field pattern (see figure 3).....	15
5.2.4 Optical detector.....	21
6 Sampling and specimens.....	21
6.1 Specimen length.....	21
6.2 Specimen end face.....	21
7 Procedure.....	21
8 Calculations.....	23
8.1 Far field versus maximum theoretical value.....	23
8.2 Five per cent intensity angle, θ_5	23
8.3 Numerical aperture, NA_{ff}	23
9 Results.....	23
9.1 Information to be provided with each measurement.....	23
9.2 Information available upon request.....	23
10 Specification information.....	25
Figure 1 – Technique 1 – Angular scan.....	17
Figure 2 – Technique 2 – Angular scan.....	17
Figure 3 – Technique 3 – Scan of the spatial field pattern.....	19

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-43: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Ouverture numérique

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes Internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60793-1-43 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

La présente norme, ainsi que les autres normes de la série CEI 60793-1-4X, annulent et remplacent la deuxième édition de la CEI 60793-1-4, dont elles constituent une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86A/672/FDIS	86A/696/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

La CEI 60793-1-1 et la CEI 60793-1-2 couvrent les spécifications génériques.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRES –

**Part 1-43: Measurement methods and test procedures –
Numerical aperture**

FOREWORD

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

International Standard IEC 60793-1-43 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This standard, together with the other standards in the IEC 60793-1-4X series, replaces the second edition of IEC 60793-1-4, of which it constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
86A/672/FDIS	86A/696/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

IEC 60793-1-1 and IEC 60793-1-2 cover generic specifications.

La CEI 60793-1-4X comprend les parties suivantes présentées sous le titre général: Fibres optiques:

- Partie 1-40: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Affaiblissement
- Partie 1-41: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Largeur de bande
- Partie 1-42: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Dispersion chromatique
- Partie 1-43: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Ouverture numérique
- Partie 1-44: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Longueur d'onde de coupure
- Partie 1-45: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Diamètre du champ de mode
- Partie 1-46: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Contrôle des variations du facteur de transmission
- Partie 1-47: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Pertes dues aux macrocourbures
- Partie 1-48: Méthodes de mesure et procédures d'essai – A l'étude
- Partie 1-49: Méthodes de mesure et procédures d'essai – A l'étude

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2003. A cette date, la publication sera:

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IEC 60793-1-4X consists of the following parts, under the general title: Optical fibres:

- Part 1-40: Measurement methods and test procedures – Attenuation
- Part 1-41: Measurement methods and test procedures – Bandwidth
- Part 1-42: Measurement methods and test procedures – Chromatic dispersion
- Part 1-43: Measurement methods and test procedures – Numerical aperture
- Part 1-44: Measurement methods and test procedures – Cut-off wavelength
- Part 1-45: Measurement methods and test procedures – Mode field diameter
- Part 1-46: Measurement methods and test procedures – Monitoring of changes in optical transmittance
- Part 1-47: Measurement methods and test procedures – Macrobending loss
- Part 1-48: Measurement methods and test procedures – Under consideration
- Part 1-49: Measurement methods and test procedures – Under consideration

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2003. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

Les publications de la série CEI 60793-1 concernent les informations essentielles sur les méthodes de mesures et les procédures d'essai s'appliquant aux fibres optiques.

Cette même série traite des différents domaines regroupés de la façon suivante:

- parties 1-10 à 1-19: Généralités
- parties 1-20 à 1-29: Méthodes de mesure et procédures d'essai des dimensions
- parties 1-30 à 1-39: Méthodes de mesure et procédures d'essai des caractéristiques mécaniques
- parties 1-40 à 1-49: Méthodes de mesure et procédures d'essai des caractéristiques optiques et de transmission
- parties 1-50 à 1-59: Méthodes de mesure et procédures d'essai des caractéristiques d'environnement.

INTRODUCTION

Publications in the IEC 60793-1 series concern measurement methods and test procedures as they apply to optical fibres.

Within the same series several different areas are grouped, as follows:

- parts 1-10 to 1-19: General
- parts 1-20 to 1-29: Measurement methods and test procedures for dimensions
- parts 1-30 to 1-39: Measurement methods and test procedures for mechanical characteristics
- parts 1-40 to 1-49: Measurement methods and test procedures for transmission and optical characteristics
- parts 1-50 to 1-59: Measurement methods and test procedures for environmental characteristics.

FIBRES OPTIQUES –

Partie 1-43: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Ouverture numérique

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60793 établit des prescriptions uniformes pour mesurer l'ouverture numérique d'une fibre optique, contribuant ainsi au contrôle des fibres et câbles dans des relations commerciales.

L'ouverture numérique (ON) d'une fibre multimodale à gradient d'indice catégorie A1 est un paramètre important qui décrit la capacité de la fibre à capter la lumière. Il est utilisé pour prévoir l'efficacité de l'injection, les pertes aux épissures et la tenue aux microcourbures et aux macrocourbures.

2 Références normatives

Aucune.

3 Vue d'ensemble de la méthode

Cette procédure d'essai décrit une méthode de mesure de la distribution angulaire de l'intensité énergétique (en champ lointain) issue d'une fibre optique. L'ouverture numérique d'une fibre optique multimodale à gradient d'indice catégorie A1 peut être calculée à partir des résultats de cette mesure en utilisant l'équation (11) donnant ON en champ lointain, ON_{ff} , comme décrit en 8.1.

L'ON théorique maximale d'une fibre multimodale à gradient d'indice est définie selon:

$$ON_{th} = \sin \theta_m \quad (1)$$

où

ON_{th} est l'ouverture numérique théorique maximale;

θ_m est le plus grand angle du rayon méridien pouvant être guidé par la fibre.

En termes de profil d'indice de la fibre:

$$ON_{th} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2)$$

où n_1 est l'indice de réfraction maximal du cœur et n_2 est l'indice de réfraction de la gaine optique

ou

$$ON_{th} = n_1 \sqrt{2\Delta} \quad (3)$$

où

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \text{ pour } \Delta \ll 1 \quad (4)$$

OPTICAL FIBRES –

Part 1-43: Measurement methods and test procedures – Numerical aperture

1 Scope

This part of IEC 60793 establishes uniform requirements for measuring the numerical aperture of optical fibre, thereby assisting in the inspection of fibres and cables for commercial purposes.

The numerical aperture (NA) of category A1 graded-index multimode fibre is an important parameter that describes a fibre's light-gathering ability. It is used to predict launching efficiency, joint loss at splices, and micro/macrobending performance.

2 Normative references

None.

3 Overview of method

This test procedure describes a method for measuring the angular radiant intensity (far-field) distribution from an optical fibre. The numerical aperture of a category A1 graded-index multimode optical fibre can be calculated from the results of this measurement using equation (11) for NA in the far field, NA_{ff} , as described in 8.1.

The maximum theoretical NA of a graded index multimode fibre is defined as follows:

$$NA_{th} = \sin \theta_m \quad (1)$$

where

NA_{th} is the maximum theoretical numerical aperture;

θ_m is the largest incident meridional ray angle that will be guided by the fibre.

In terms of the fibre index profile:

$$NA_{th} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2)$$

where n_1 is the maximum refractive index of the core, and n_2 is the refractive index of the cladding

or

$$NA_{th} = n_1 \sqrt{2\Delta} \quad (3)$$

where

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \text{ for } \Delta \ll 1 \quad (4)$$

L'ON peut être déterminée à partir du diagramme de rayonnement en champ lointain mesuré sur une courte longueur de fibre ou à partir de la mesure du profil d'indice de la fibre. En utilisant la méthode du champ lointain, on obtient le diagramme de l'intensité énergétique d'une fibre $I(\theta)$ et l'ON_{ff} (ouverture numérique en champ lointain) est définie comme le sinus du demi-angle où cette intensité correspond à 5 % de sa valeur maximale.

4 Méthode d'essai de référence

Parce qu'il n'y a qu'une seule méthode pour mesurer l'ouverture numérique, il n'y a pas de méthode d'essai de référence (RTM) à la date de publication de la présente norme. Cependant, des méthodes complémentaires pourront être ajoutées dans l'avenir.

5 Appareillage

5.1 Système d'entrée

5.1.1 Source de lumière

Utiliser une source de lumière incohérente de manière à obtenir sur toute la surface de l'extrémité de l'échantillon une radiance sensiblement constante (variations de moins de 10 % en intensité). Elle doit être stable en intensité énergétique et en position dans un intervalle de temps suffisant pour effectuer la mesure.

5.1.2 Optique d'entrée

Utiliser un système de composants optiques pour créer une tache monochromatique (largeur totale à mi-hauteur du maximum d'amplitude <100 nm) de luminance sensiblement constante, d'un diamètre supérieur à celui de l'extrémité de l'échantillon à mesurer et d'ouverture numérique supérieure à celle de cet échantillon.

Sauf spécification contraire, la longueur d'onde centrale doit être de $850 \text{ nm} \pm 25 \text{ nm}$. Prévoir un moyen de vérifier l'alignement de l'extrémité. Des filtres optiques peuvent être utilisés pour limiter la largeur spectrale de la source.

5.1.3 Support de l'extrémité d'entrée de la fibre et alignement

Prévoir un moyen de maintenir l'extrémité d'entrée de l'échantillon à mesurer tel qu'il permette un positionnement stable et reproductible sans introduire de déformation significative de la fibre. Prévoir des dispositifs appropriés pour aligner la face d'entrée vis à vis de la lumière injectée.

5.1.4 Extracteur de modes de gaine

Prévoir des moyens appropriés pour éliminer la transmission de lumière dans la gaine de l'échantillon. Souvent, le revêtement de la fibre est suffisant pour jouer ce rôle. Autrement, il sera nécessaire d'utiliser des extracteurs de modes de gaine près des deux extrémités de l'échantillon à l'essai.

5.2 Dispositif de sortie et détection

Trois méthodes équivalentes peuvent être utilisées pour détecter la distribution (en champ lointain) angulaire de l'intensité énergétique issue de l'échantillon à mesurer. Les techniques 1 et 2 sont des balayages angulaires de diagramme en champ lointain. La technique 3 est un balayage de la transformée spatiale du diagramme angulaire de l'intensité (un détecteur à balayage de petite ou de grande surface peut être utilisé).

NA can be determined from a far-field radiation pattern measurement on a short length of fibre or from a measurement of a fibre's refractive index profile. Using the far-field method, the intensity pattern, $I(\theta)$, of a fibre is acquired, and the NA_{ff} (numerical aperture in the far field) is defined as the sine of the half-angle where the intensity has decreased to 5 % of its maximum value.

4 Reference test method

Because there is only one method for measuring numerical aperture, there is no reference test method (RTM) as of the publication date of this standard. Additional methods may be added in the future, however.

5 Apparatus

5.1 Input system

5.1.1 Light source

Use an incoherent light source capable of producing an area of substantially constant radiance (variations of less than 10 % in intensity) on the endface of the specimen. It shall be stable in intensity and position over a time interval sufficient to perform the measurement.

5.1.2 Input optics

Use a system of optical components to create a monochromatic (<100 nm full width half maximum), substantially constant radiance spot larger in diameter than the endface of the specimen and with a numerical aperture greater than that of the specimen.

Unless otherwise specified, the centre wavelength shall be $850 \text{ nm} \pm 25 \text{ nm}$. Provide a means of verifying the alignment of the endface. Optical filters may be used to limit the spectral width of the source.

5.1.3 Fibre input end support and alignment

Provide a means of supporting the input end of the specimen to allow stable and repeatable positioning without introducing significant fibre deformation. Provide suitable means to align the input endface with respect to the launch radiation.

5.1.4 Cladding mode stripper

Provide means to remove cladding light from the specimen. Often the fibre coating is sufficient to perform this function. Otherwise, it will be necessary to use cladding mode strippers near both ends of the test specimen.

5.2 Output system and detection

Three equivalent techniques may be used to detect the angular radiant intensity (far field) distribution from the specimen. Techniques 1 and 2 are angular scans of the far-field pattern. Technique 3 is a scan of the spatial transform of the angular intensity pattern (a small or large area scanning detector may be used.)

5.2.1 Méthode 1 – Balayage angulaire (voir figure 1)

5.2.1.1 Support de l'extrémité de sortie de la fibre et alignement

Utiliser un dispositif de support et d'alignement de l'extrémité de sortie de l'échantillon de telle sorte que la face de sortie de la fibre soit sur l'axe de rotation du détecteur optique et que l'axe de la fibre soit concourant avec cet axe de rotation et coïncide avec le plan de rotation du détecteur optique.

Par exemple, un vé à succion monté sur un positionneur micrométrique X-Y-Z avec un microscope permettant d'aligner l'extrémité de la fibre conviendrait. Sont donnés à titre d'exemple un goniomètre ou une platine de rotation entraînée par un moteur pas-à-pas.

5.2.1.2 Mécanisme du dispositif de détection

Utiliser des dispositifs appropriés pour la rotation du détecteur optique de telle sorte que le détecteur balaie un arc suffisant pour couvrir pratiquement la totalité du cône de rayonnement issu de l'échantillon (par exemple un goniomètre calibré). L'axe de rotation du mécanisme doit intercepter l'extrémité de l'échantillon et doit être perpendiculaire à l'axe de l'échantillon; le plan de rotation de ce mécanisme doit coïncider avec l'axe de l'échantillon. Prévoir les moyens d'enregistrer la position angulaire relative du détecteur par rapport à l'axe de sortie de l'échantillon.

5.2.2 Méthode 2 – Balayage angulaire (voir figure 2)

Utiliser un dispositif de maintien de l'échantillon de telle sorte que la face de sortie du détecteur soit perpendiculaire et concourante avec l'axe de rotation de l'échantillon. Ce mécanisme (par exemple un goniomètre ou une platine de rotation de précision) doit tourner suffisamment, de telle sorte que tout le rayonnement issu de la sortie de l'échantillon à l'essai balaie le détecteur fixe. C'est-à-dire que l'angle de rotation doit être supérieur à l'angle total du rayonnement à la sortie de l'échantillon. Prévoir les moyens d'enregistrer l'angle entre l'axe de l'échantillon et la ligne imaginaire joignant le détecteur et la face de sortie de l'échantillon.

5.2.3 Méthode 3 – Balayage du diagramme du champ spatial (voir figure 3)

5.2.3.1 Support de l'extrémité de sortie de la fibre

Prévoir un dispositif approprié maintenant et alignant l'extrémité de sortie de l'échantillon et permettant un positionnement stable et répétable.

5.2.3.2 Transformation en champ lointain et projection

Effectuer une représentation spatiale du champ lointain de l'échantillon à l'aide de dispositifs appropriés, (par exemple en utilisant un objectif de microscope ou d'autres objectifs bien corrigés pour obtenir la transformée de Fourier du diagramme de sortie de la fibre en champ proche).

Analyser ce diagramme ou son image à l'aide d'un détecteur diaphragmé de façon à enregistrer l'intensité énergétique du champ lointain. Le diamètre du diaphragme doit être inférieur ou égal à la moitié de la limite de diffraction du système:

$$d \leq \frac{1,22 M \lambda f}{2D} \quad (5)$$

où

d est le diamètre du diaphragme, en μm ;

M est le grandissement du plan focal arrière de l'objectif de transformation au plan d'analyse;

λ est la longueur d'onde émise par la fibre, en nm;

f est la distance focale de l'objectif de transformation, en mm;

D est le diamètre du cœur de la fibre, en μm .

5.2.1 Technique 1 – Angular scan (see figure 1)

5.2.1.1 Fibre output end support and alignment

Use a means of supporting and aligning the output end of the specimen that allows alignment of the endface normal to and coincident with the axis of rotation of the optical detector and coincident with the plane of rotation of the optical detector.

For example, a vacuum chuck mounted on X-Y-Z micropositioners with a microscope fixture for aligning the fibre end would be suitable. Examples include a goniometer or stepper-motor driven rotational stage.

5.2.1.2 Detection system mechanics

Use a suitable means for rotation of the optical detector that allows the detector to scan an arc sufficient to cover essentially the full radiation cone from the specimen (for example, a calibrated goniometer). The axis of rotation of the mechanism shall intercept the endface of the specimen and shall be perpendicular to the specimen axis, and the rotation plane of this mechanism shall be coincident with the axis of the specimen. Provide means for recording the relative angular position of the detector with respect to the specimen output axis.

5.2.2 Technique 2 – Angular scan (see figure 2)

Use a means of supporting the specimen such that the output endface is perpendicular to, and coincident with, the axis of rotation of the specimen. This mechanism (e.g. a goniometer or precision rotating stage) shall rotate sufficiently to allow the full radiation cone in the plane of rotation to sweep past the fixed detector. That is, the rotation shall be greater than the total angle of the specimen output radiation. Provide means to record the included angle formed by the specimen axis and the imaginary line between the detector and specimen endface.

5.2.3 Technique 3 – Scan of the spatial field pattern (see figure 3)

5.2.3.1 Fibre output end support apparatus

Provide a means of supporting and aligning the specimen output end that allows stable and repeatable positioning.

5.2.3.2 Far-field transformation and projection

Create a spatial representation of the far field of the specimen by suitable means (for example, by using a microscope objective or other well corrected lens to obtain the Fourier transform of the fibre output near-field pattern).

Scan this pattern or its image using a pinhole aperture as to enable the far-field intensity to be recorded. The size of the pinhole aperture shall be less than, or equal to, one-half the diffraction limit of the system:

$$d \leq \frac{1,22 M \lambda f}{2D} \quad (5)$$

where

d is the diameter of the pinhole, in μm ;

M is the magnification from the back focal plane of the transforming lens to the scanning plane;

λ is the spectral wavelength emitted from the fibre, in nm;

f is the focal length of the transform lens, in mm;

D is the fibre core diameter, in μm .

Il convient que l'ouverture numérique de l'objectif L_1 , soit assez grande pour ne pas limiter l'ouverture numérique de la fibre en échantillon.

Dans le cas où le diagramme en champ lointain est fourni par un objectif, il convient de prendre soin que, en particulier pour les grandes ouvertures, le diamètre de l'objectif relais, L_2 , soit suffisamment grand pour éviter un assombrissement à la périphérie:

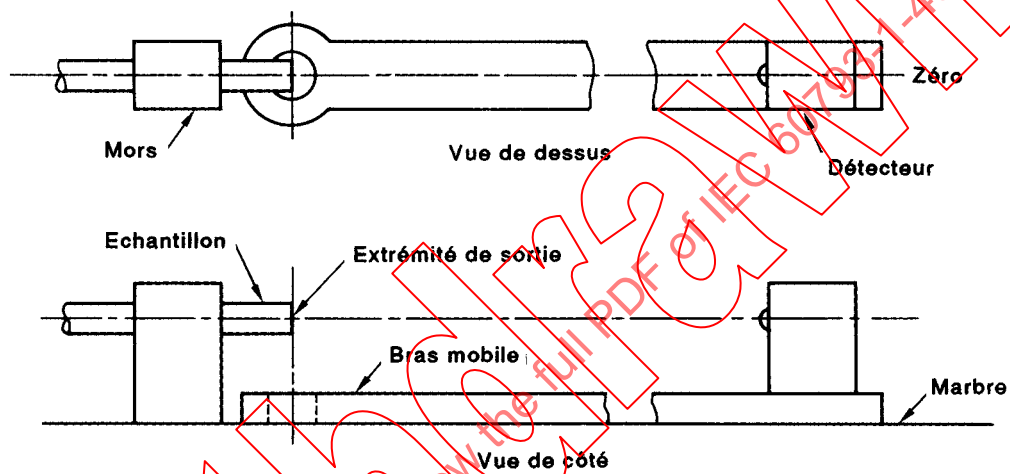
$$D_{12} > 2 f \tan \Phi \quad (6)$$

où

D_{12} est le diamètre de l'objectif relais, en mm;

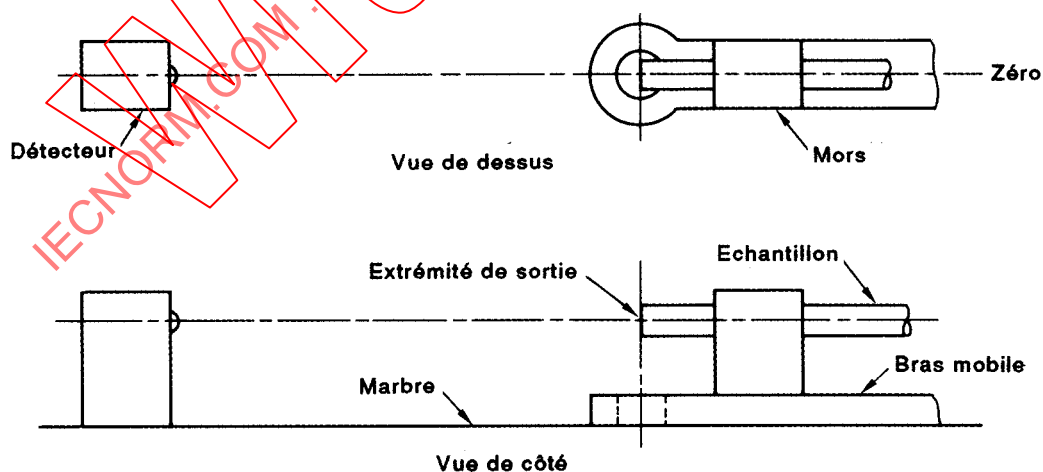
f est la distance focale de l'objectif de transformation, en mm;

$\sin \Phi$ est l'ouverture numérique, ON.



IEC 676/01

Figure 1 – Méthode 1 – Balayage angulaire



IEC 677/01

Figure 2 – Méthode 2 – Balayage angulaire

The numerical aperture of the lens, L_1 , should be large enough so as not to limit the numerical aperture of the fibre specimen.

Where the far-field pattern is represented by a lens, care should be taken that, especially with high apertures, the diameter of the relay lens, L_2 , is sufficiently large so as to avoid darkening the periphery:

$$D_{12} > 2 f \tan \Phi \quad (6)$$

where

D_{12} is the diameter of the relay lens, in mm;

f is the focal length of the transform lens, in mm;

$\sin \Phi$ is the numerical aperture, NA.

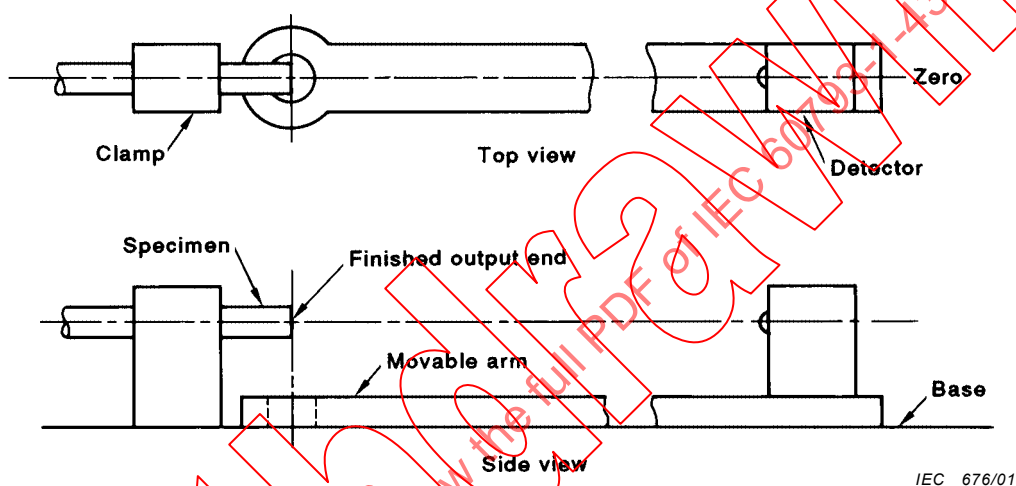


Figure 1 – Technique 1 – Angular scan

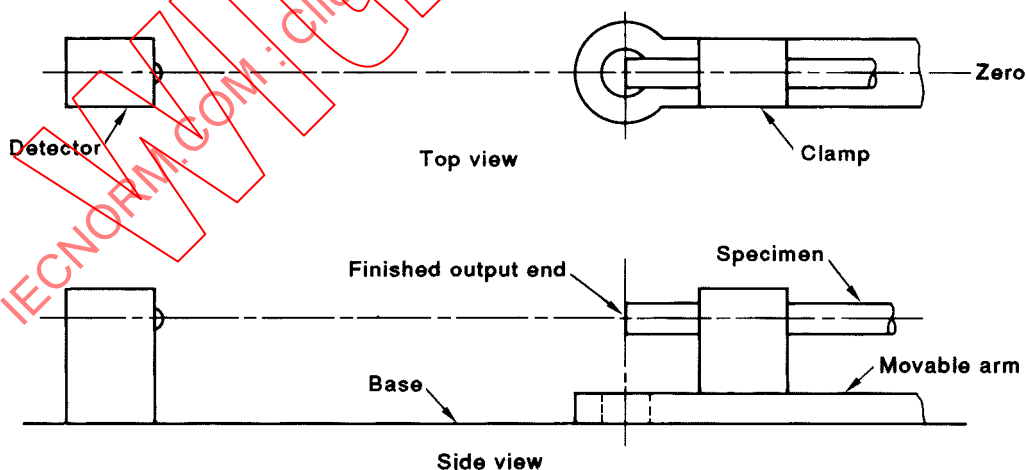


Figure 2 – Technique 2 – Angular scan

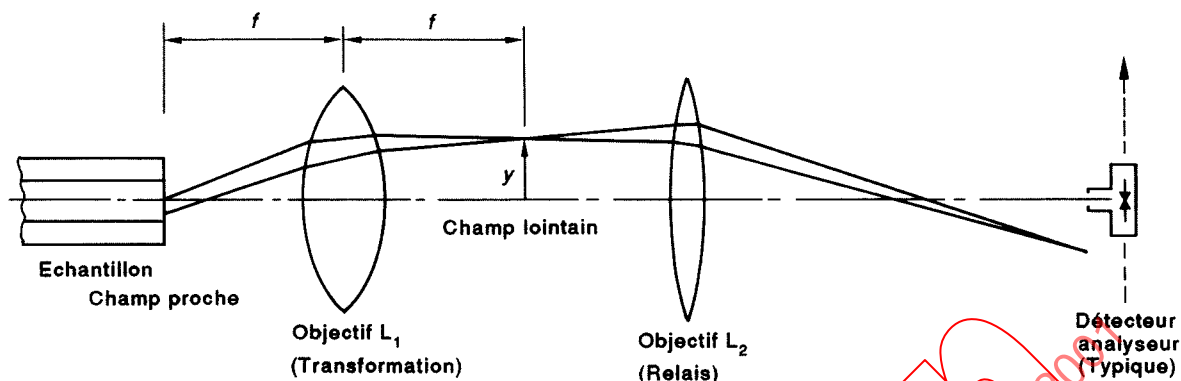


Figure 3 – Méthode 3 – Balayage du diagramme en champ spatial

5.2.3.3 Dispositif d'analyse

Prévoir une méthode d'analyse du diagramme en champ lointain en fonction du détecteur diaphragmé.

5.2.3.4 Etalonnage de dispositif

Effectuer un étalonnage de façon à mesurer le facteur de conversion donnant le déplacement du dispositif d'analyse en fonction du déplacement réel du balayage dans le plan focal arrière de l'objectif de transformation en champ lointain. Une mire calibrée, soigneusement placée dans le plan focal arrière, L_1 , peut être utilisée à cet effet.

En outre, déterminer la relation entre la position de l'analyseur dans le plan de transformation spatiale (le plan focal arrière de L_1 dans la figure 3) et l'angle d'émission, θ , par rapport à l'axe de sortie de l'échantillon selon

$$y = f \sin \theta \quad (7)$$

où

y est la distance de l'axe au diagramme du champ spatial;

f est la distance focale de l'objectif de transformation, L_1 ;

θ est l'angle par rapport à l'axe optique.

5.2.3.5 Système d'enregistrement

Prévoir un dispositif approprié pour permettre d'enregistrer $E(y)$, l'intensité énergétique détectée en fonction de la position y de l'analyseur, et d'effectuer la correction de l'intensité énergétique détectée comme suit:

$$I(\theta) = E(y) \cos \theta \quad (8)$$

où

$I(\theta)$ est la distribution de l'intensité énergétique angulaire détectée par l'optique d'analyse angulaire;

$E(y)$ est la radiance à la distance y issue de l'axe du diagramme spatial;

y est la distance de l'axe au diagramme du champ spatial;

θ est l'angle par rapport à l'axe de sortie de l'échantillon.

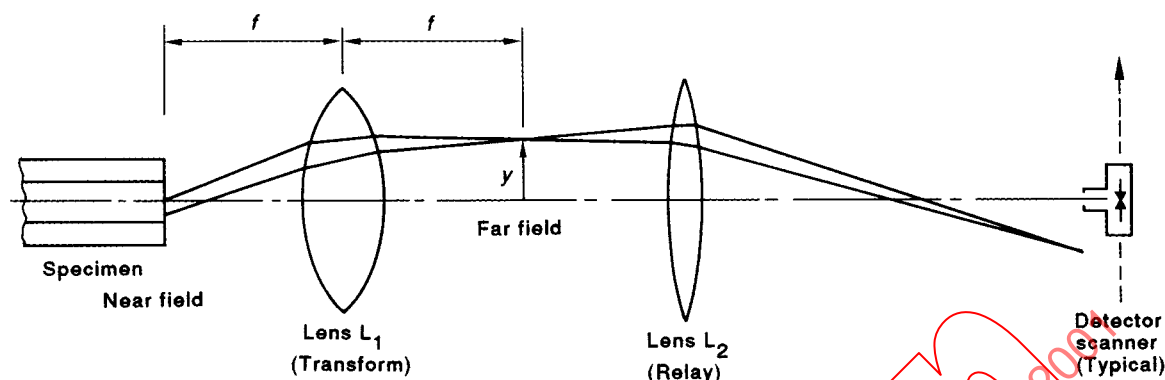


Figure 3 – Technique 3 – Scan of the spatial field pattern

5.2.3.3 Scanning system

Provide a method of scanning the far-field pattern with respect to the pinhole aperture and detector.

5.2.3.4 System calibration

Perform a calibration to measure the conversion factor that relates the distance of movement of the scanning system to the actual distance scanned in the back focal plane of the far-field transforming lens. A pattern of known dimensions, carefully placed in the back focal plane, L_1 , can be used for this purpose.

In addition, determine the factor that relates scan position in the field pattern transformation plane (the back focal plane of L_1 in figure 3) to emission angle, θ , with respect to the specimen output end axis as

$$y = f \sin \theta \quad (7)$$

where

y is the distance from the axis to the spatial field pattern;

f is the focal length of the transform lens, L_1 ;

θ is the angle with respect to the optical axis.

5.2.3.5 Recording system

Provide means to record $E(y)$, the detected intensity as a function of the scan position, y , and to correct the detected intensity as follows:

$$I(\theta) = E(y) \cos \theta \quad (8)$$

where

$I(\theta)$ is the angular intensity distribution as detected by the angular scan lens;

$E(y)$ is the radiance at distance y from the axis of the spatial pattern;

y is the distance from the axis to the spatial field pattern;

θ is the angle with respect to the axis of the specimen output.

5.2.4 Détecteur optique

Utiliser un détecteur d'une linéarité meilleure que 5 % dans l'intervalle de mesure des intensités énergétiques rencontrées. Un diaphragme peut être utilisé pour restreindre la taille effective du détecteur dans le but d'améliorer la résolution. Le détecteur ou le diamètre du diaphragme peuvent être déterminés à partir de la résolution angulaire désirée selon la formule:

$$D = \frac{\theta R}{0,06} \quad (9)$$

où

D est le diamètre de l'ouverture du détecteur, en μm ;

θ est la résolution angulaire désirée, en degrés ($^\circ$);

R est la distance de l'extrémité de sortie de l'échantillon au détecteur ou au diaphragme, en mm.

Une résolution de $\pm 0,5^\circ$ est typiquement utilisée. R doit aussi satisfaire aux prescriptions de champ lointain:

$$R \geq \frac{d^2}{\lambda} \quad (10)$$

où

R est la distance de l'extrémité de sortie de l'échantillon au détecteur ou au diaphragme, en mm;

d est le diamètre de la région émettrice de l'échantillon, en μm ;

λ est la longueur d'onde centrale de la source optique, en nm.

L'équation (5) donne le détecteur approprié ou la taille du diaphragme pour la méthode 3.

6 Echantillonnage et échantillons à l'essai

6.1 Longueur de l'échantillon à l'essai

L'échantillon à l'essai d'une longueur de $2,0 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ doit être représentative de la fibre.

6.2 Face d'extrémité de l'échantillon à l'essai

Préparer une face plane, perpendiculaire à l'axe de la fibre, à l'extrémité d'entrée et de sortie de chaque échantillon à l'essai. La précision de ces mesures est affectée par une non-perpendicularité de l'extrémité. Des angles d'extrémité inférieurs à 2° sont recommandés.

7 Procédure

7.1 Placer les extrémités de l'échantillon à l'essai dans les supports. La face d'entrée de l'échantillon à l'essai doit être approximativement au centre de la tâche image à luminance constante.

7.2 Régler la source optique à la longueur d'onde et à la largeur spectrale voulues.

7.3 Analyser le diagramme de rayonnement en champ lointain le long d'un diamètre et enregistrer l'intensité énergétique en fonction de la position angulaire.