

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Calibration of fibre-optic power meters

Étalonnage de wattmètres pour dispositifs à fibres optiques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.140; 33.180.10

ISBN 978-2-8322-6640-3

**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.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms and definitions.....	7
4 Preparation for <i>calibration</i>	15
4.1 Organization.....	15
4.2 <i>Traceability</i>	15
4.3 Advice for measurements and <i>calibrations</i>	15
4.4 Recommendations to users.....	16
5 Absolute power <i>calibration</i>	16
5.1 <i>Calibration</i> methods.....	16
5.2 Establishing the <i>calibration conditions</i>	17
5.3 <i>Calibration</i> procedure.....	18
5.4 <i>Calibration</i> uncertainty.....	19
5.4.1 General.....	19
5.4.2 Uncertainty due to the setup.....	19
5.4.3 Uncertainty of the <i>reference meter</i>	20
5.4.4 <i>Correction factors</i> and uncertainty caused by the change of conditions.....	21
5.4.5 Uncertainty due to the <i>spectral bandwidths</i>	24
5.5 Reporting the results.....	25
6 Measurement uncertainty of a calibrated power meter.....	26
6.1 Overview.....	26
6.2 Uncertainty at <i>reference conditions</i>	26
6.3 Uncertainty at <i>operating conditions</i>	26
6.3.1 General.....	26
6.3.2 Determination of dependences on conditions.....	27
6.3.3 Ageing.....	28
6.3.4 Dependence on temperature.....	28
6.3.5 Dependence on the power level (<i>nonlinearity</i>).....	28
6.3.6 Dependence on the type of fibre or on the beam geometry.....	29
6.3.7 Dependence on the connector-adaptor combination.....	30
6.3.8 Dependence on wavelength.....	31
6.3.9 Dependence on <i>spectral bandwidth</i>	32
6.3.10 Dependence on polarization.....	32
6.3.11 Other dependences.....	33
7 <i>Nonlinearity calibration</i>	33
7.1 General.....	33
7.2 <i>Nonlinearity calibration</i> based on superposition.....	33
7.2.1 General.....	33
7.2.2 Procedure.....	34
7.2.3 Uncertainties.....	35
7.3 <i>Nonlinearity calibration</i> based on comparison with a calibrated power meter.....	36
7.3.1 General.....	36
7.3.2 Procedure.....	36

7.3.3	Uncertainties.....	37
7.4	<i>Nonlinearity calibration</i> based on comparison with an attenuator.....	37
7.5	<i>Calibration</i> of power meter for high power measurement.....	37
Annex A	(normative) Mathematical basis for measurement uncertainty calculations	38
A.1	General.....	38
A.2	Type A evaluation of uncertainty.....	38
A.3	Type B evaluation of uncertainty.....	39
A.4	Determining the combined standard uncertainty.....	39
A.5	Reporting	40
Annex B	(informative) Linear to dB scale conversion of uncertainties	41
B.1	Definition of decibel.....	41
B.2	Conversion of relative uncertainties	41
Bibliography	42
Figure 1	– Typical spectral responsivity of photoelectric detectors.....	13
Figure 2	– Example of a traceability chain.....	14
Figure 3	– Measurement setup for sequential, fibre-based <i>calibration</i>	17
Figure 4	– Change of conditions and uncertainty.....	22
Figure 5	– Determining and recording an extension uncertainty.....	27
Figure 6	– Possible subdivision of the optical reference plane into 10 × 10 squares, for the measurement of the spatial <i>response</i>	29
Figure 7	– Wavelength dependence of <i>response</i> due to Fabry-Perot type interference	32
Figure 8	– Measurement setup of polarization dependent <i>response</i>	32
Figure 9	– <i>Nonlinearity calibration</i> based on superposition.....	34
Figure 10	– Measurement setup for <i>nonlinearity calibration</i> by comparison.....	36
Table 1	– <i>Calibration</i> methods and correspondent typical power	16
Table 2	– <i>Nonlinearity</i>	35

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CALIBRATION OF FIBRE-OPTIC POWER METERS

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 61315 has been prepared by IEC technical committee 86: Fibre optics.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2005. It constitutes a technical revision.

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

- a) update of terms and definitions;
- b) update of 5.1, including Table 1 (new type of source);
- c) update of Annex A;
- d) addition of Annex B on dB conversion.

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

CDV	Report on voting
86/533/CDV	86/540A/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.

In this document, the following print types are used:

– *terms defined in the document: in italic type.*

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

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

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

INTRODUCTION

Fibre-optic power meters are designed to measure optical power from fibre-optic sources as accurately as possible. This capability depends largely on the quality of the *calibration* process. In contrast to other types of measuring equipment, the *measurement results of fibre-optic power meters* usually depend on many conditions of measurement. The conditions of measurement during the *calibration* process are called *calibration conditions*. Their precise description is therefore an integral part of the *calibration*.

This document defines all of the steps involved in the *calibration* process: establishing the *calibration conditions*, carrying out the *calibration*, calculating the uncertainty, and reporting the uncertainty, the *calibration conditions* and the *traceability*.

The absolute power *calibration* describes how to determine the ratio between the value of the input power and the power meter's result. This ratio is called *correction factor*. The measurement uncertainty of the *correction factor* is combined following Annex A from uncertainty contributions from the *reference meter*, the *test meter*, the setup and the procedure.

The calculations go through detailed characterizations of individual uncertainties. It is important to know that

- a) some uncertainties are type B estimations, experience-based,
- b) a detailed uncertainty analysis is usually only done once for each power meter type under test, and all subsequent *calibrations* are usually based on this one-time analysis, using the appropriate type A measurement contributions evaluated at the time of the *calibration*, and
- c) some of the individual uncertainties are simply considered to be part of a checklist, with an actual value which can be neglected.

Clause 5 defines absolute power *calibration*, which is mandatory for *calibration* reports referring to this document.

Clause 6 describes the evaluation of the measurement uncertainty of a calibrated power meter operated within *reference conditions* or within *operating conditions*. It depends on the *calibration* uncertainty of the power meter as calculated in 5.4, the conditions and its dependence on the conditions. It is usually performed by manufacturers in order to establish specifications and is not mandatory for reports referring to this document. One of these dependences, the *nonlinearity*, is determined in a separate *calibration* (Clause 7).

CALIBRATION OF FIBRE-OPTIC POWER METERS

1 Scope

This document is applicable to instruments measuring *radiant power* emitted from sources that are typical for the fibre-optic communications industry. These sources include laser diodes, light emitting diodes (LEDs) and fibre-type sources. Both divergent and collimated radiations are covered. This document defines the *calibration* of power meters to be performed by *calibration* laboratories or by power meter manufacturers.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60793-2, *Optical fibres – Part 2: Product specifications – General*

IEC TR 61931:1998, *Fibre optic – Terminology*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	46
INTRODUCTION	48
1 Domaine d'application	49
2 Références normatives	49
3 Termes et définitions	49
4 Préparation pour l' <i>étalonnage</i>	57
4.1 Organisation	57
4.2 <i>Traçabilité</i>	57
4.3 Recommandations pour les mesurages et les <i>étalonnages</i>	57
4.4 Recommandations aux utilisateurs	58
5 <i>Étalonnage</i> de puissance absolu	58
5.1 Méthodes d' <i>étalonnage</i>	58
5.2 Établissement des conditions d' <i>étalonnage</i>	59
5.3 Procédure d' <i>étalonnage</i>	60
5.4 Incertitude d' <i>étalonnage</i>	61
5.4.1 Généralités	61
5.4.2 Incertitude due au montage.....	62
5.4.3 Incertitude de l' <i>appareil de référence</i>	63
5.4.4 <i>Facteurs de correction</i> et incertitude provoquée par la modification des conditions	64
5.4.5 Incertitude due à l' <i>appareil de mesure d'essai</i>	67
5.5 Consignation des résultats	68
6 Incertitude de mesure d'un wattmètre étalonné.....	68
6.1 Présentation.....	68
6.2 Incertitude aux <i>conditions de référence</i>	68
6.3 Incertitude aux <i>conditions de fonctionnement</i>	69
6.3.1 Généralités	69
6.3.2 Détermination des dépendances par rapport aux conditions	70
6.3.3 Vieillesse.....	71
6.3.4 Dépendance par rapport à la température	71
6.3.5 Dépendance par rapport au niveau de puissance (<i>non-linéarité</i>).....	71
6.3.6 Dépendance par rapport au type de fibre ou à la géométrie du faisceau.....	71
6.3.7 Dépendance par rapport à la combinaison connecteur-adaptateur	73
6.3.8 Dépendance par rapport à la longueur d'onde	74
6.3.9 Dépendance par rapport à la <i>largeur de bande spectrale</i>	75
6.3.10 Dépendance par rapport à la polarisation	75
6.3.11 Autres dépendances	76
7 <i>Étalonnage</i> de la <i>non-linéarité</i>	76
7.1 Généralités	76
7.2 <i>Étalonnage</i> de la <i>non-linéarité</i> fondé sur la superposition.....	77
7.2.1 Généralités	77
7.2.2 Procédure	77
7.2.3 Incertitudes.....	79
7.3 <i>Étalonnage</i> de la <i>non-linéarité</i> fondé sur la comparaison avec un wattmètre étalonné.....	79
7.3.1 Généralités	79

7.3.2	Procédure	80
7.3.3	Incertitudes	80
7.4	Étalonnage de la <i>non-linéarité</i> fondé sur la comparaison avec un affaiblisseur	81
7.5	Étalonnage du wattmètre pour un mesurage à puissance élevée	81
Annexe A (normative) Base mathématique pour les calculs de l'incertitude de mesure		82
A.1	Généralités	82
A.2	Évaluation de type A de l'incertitude	82
A.3	Évaluation de type B de l'incertitude	82
A.4	Détermination de l'incertitude type composée	83
A.5	Rapport	84
Annexe B (Informative) Conversion des incertitudes (échelle linéaire/logarithmique)		85
B.1	Définition du décibel	85
B.2	Conversion des incertitudes relatives	85
Bibliographie		86
Figure 1 – Sensibilité spectrale typique des <i>détecteurs</i> photoélectriques		55
Figure 2 – Exemple d'une chaîne de traçabilité		56
Figure 3 – Montage de mesure pour un <i>étalonnage</i> séquentiel, utilisant le faisceau issu d'une fibre		59
Figure 4 – Modification des conditions et incertitude		64
Figure 5 – Détermination et enregistrement d'une incertitude d'extension		70
Figure 6 – Subdivision possible du plan de référence optique en 10 × 10 carrés, pour le mesurage de la réponse spatiale		72
Figure 7 – Dépendance par rapport à la longueur d'onde de la réponse due à l'interférence de type Fabry-Perot		75
Figure 8 – Montage de mesure de la réponse dépendant de la polarisation		76
Figure 9 – <i>Étalonnage</i> de la <i>non-linéarité</i> fondé sur la superposition		77
Figure 10 – Montage de mesure pour l' <i>étalonnage</i> de la <i>non-linéarité</i> par comparaison		80
Tableau 1 – Méthodes d' <i>étalonnage</i> et puissance typique correspondante		59
Tableau 2 – <i>Non-linéarité</i>		78

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

La Norme internationale IEC 61315 a été établie par le comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2005. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) mise à jour des termes et définitions;
- b) mise à jour du 5.1, y compris le Tableau 1 (nouveau type de source);
- c) mise à jour de l'Annexe A;
- d) ajout d'une Annexe B sur la conversion en dB.

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

CDV	Rapport de vote
86/533/CDV	86/540A/RVC

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

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

Dans le présent document, les caractères d'imprimerie suivants sont employés:

– *termes définis dans le document: caractères italiques.*

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

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

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

INTRODUCTION

Les *wattmètres pour dispositifs à fibres optiques* sont conçus pour mesurer la puissance optique des sources à fibres optiques avec la plus grande exactitude possible. Cette capacité dépend surtout de la qualité du processus d'*étalonnage*. Par opposition à d'autres types d'appareillages de mesure, les *résultats de mesure des wattmètres pour dispositifs à fibres optiques* dépendent généralement de nombreuses conditions de mesure. Les conditions de mesure au cours du processus d'*étalonnage* sont appelées *conditions d'étalonnage*. Leur description précise fait donc partie intégrante de l'*étalonnage*.

Le présent document définit toutes les étapes du processus d'*étalonnage*: établissement des *conditions d'étalonnage*, réalisation de l'*étalonnage*, calcul de l'incertitude et rapport de l'incertitude, des *conditions d'étalonnage* et de la *traçabilité*.

L'*étalonnage* de puissance absolu décrit la façon de déterminer le rapport entre la valeur de la puissance d'entrée et le résultat du wattmètre. Ce rapport est appelé *facteur de correction*. L'incertitude de mesure du *facteur de correction* est composée suivant l'Annexe A à partir des contributions à l'incertitude de l'*appareil de référence*, de l'*appareil de mesure d'essai*, du montage et de la procédure.

Les calculs font l'objet d'interprétations détaillées d'incertitudes individuelles. Il est important de savoir que

- a) certaines incertitudes sont des estimations de type B, fondées sur l'expérience,
- b) une analyse détaillée de l'incertitude n'est généralement effectuée qu'une seule fois pour chaque type de wattmètre en essai et que tous les *étalonnages* suivants reposent souvent sur cette analyse ponctuelle, en utilisant les contributions de mesure de type A appropriées évaluées au moment de l'*étalonnage*, et
- c) certaines incertitudes individuelles sont simplement considérées comme faisant partie d'une liste de contrôle, et auxquelles est associée une valeur réelle qui peut être négligée.

L'Article 5 définit l'*étalonnage* de puissance absolu qui est obligatoire pour les rapports d'*étalonnage* faisant référence au présent document.

L'Article 6 décrit l'évaluation de l'incertitude de mesure d'un wattmètre étalonné fonctionnant dans les *conditions de référence* ou dans les *conditions de fonctionnement*. Elle dépend de l'incertitude d'*étalonnage* du wattmètre calculée en 5.4, des conditions et de sa dépendance par rapport à ces conditions. Elle est généralement effectuée par des fabricants, afin d'établir des spécifications, et n'est pas obligatoire pour les rapports faisant référence au présent document. L'un de ces facteurs de dépendance, la *non-linéarité*, est déterminé dans un *étalonnage* séparé (Article 7).

ÉTALONNAGE DE WATTMÈTRES POUR DISPOSITIFS À FIBRES OPTIQUES

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux appareils qui mesurent la *puissance rayonnante* émise par des sources typiques pour l'industrie des communications par fibres optiques. Ces sources comprennent les diodes laser, les diodes émettant de la lumière (LED) et les sources fibrées. Le rayonnement divergent ainsi que le rayonnement collimaté sont couverts par le présent document. Ce dernier définit l'*étalonnage* des wattmètres à effectuer par des laboratoires d'*étalonnage* ou par des fabricants de wattmètres.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60793-2, *Fibres optiques – Partie 2: Spécifications de produits – Généralités*

IEC TR 61931:1998, *Fibres optiques – Terminologie*

ISO/IEC 98-3 Guide:2008, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*