

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61315

Deuxième édition
Second edition
2005-10

**Etalonnage de wattmètres
pour dispositifs à fibres optiques**

**Calibration of fibre-optic
power meters**

© IEC 2005 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, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

X

*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 Termes et définitions	12
4 Préparation pour l'étalonnage	26
4.1 Organisation	26
4.2 Traçabilité	26
4.3 Conseils pour les mesures et les étalonnages	28
4.4 Recommandations aux clients	30
5 Etalonnage de puissance absolu	30
5.1 Etablissement des conditions d'étalonnage	32
5.2 Procédure d'étalonnage	34
5.3 Incertitude d'étalonnage	36
5.4 Compte-rendu des résultats	50
6 Incertitude de mesure d'un wattmètre étalonné	50
6.1 Incertitude aux conditions de référence	50
6.2 Incertitude aux conditions de fonctionnement	52
7 Etalonnage de non-linéarité	66
7.1 Etalonnage de non-linéarité basé sur la superposition	68
7.2 Etalonnage de non-linéarité basé sur la comparaison avec un wattmètre étalonné	72
7.3 Etalonnage de non-linéarité basé sur la comparaison avec un atténuateur	74
7.4 Etalonnage du wattmètre pour une mesure à puissance élevée	74
 Annexe A (normative) Base mathématique	 78
 Bibliographie	 84
 Figure 1 – Sensibilité spectrale typique des détecteurs photoélectriques	 22
Figure 2 – Exemple d'une chaîne de traçabilité	26
Figure 3 – Montage de mesure pour un étalonnage séquentiel, utilisant le faisceau issu d'une fibre	32
Figure 4 – Modification des conditions et incertitude	42
Figure 5 – Détermination et enregistrement d'une incertitude d'extension	54
Figure 6 – Subdivision possible d'un plan de référence optique en (10 x 10) carrés, pour la mesure de la réponse spatiale	56
Figure 7 – Dépendance en fonction de la longueur d'onde de la réponse due à l'interférence de type Fabry-Perot	64
Figure 8 – Montage de mesure de la réponse dépendant de la polarisation	64
Figure 9 – Etalonnage de la non-linéarité basé sur la superposition	68
Figure 10 – Montage de mesure pour l'étalonnage de non-linéarité par comparaison	72
 Tableau 1 – Méthodes d'étalonnage typiques et puissance correspondante	 30
Tableau 2 – Non-linéarité	70

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	11
2 Normative references.....	11
3 Terms and definitions	13
4 Preparation for calibration.....	27
4.1 Organization	27
4.2 Traceability.....	27
4.3 Advice for measurements and calibrations	29
4.4 Recommendations to customers	31
5 Absolute power calibration	31
5.1 Establishing the calibration conditions.....	33
5.2 Calibration procedure	35
5.3 Calibration uncertainty	37
5.4 Reporting the results	51
6 Measurement uncertainty of a calibrated power meter	51
6.1 Uncertainty at reference conditions	51
6.2 Uncertainty at operating conditions	53
7 Nonlinearity calibration.....	67
7.1 Nonlinearity calibration based on superposition	69
7.2 Nonlinearity calibration based on comparison with a calibrated power meter.....	73
7.3 Nonlinearity calibration based on comparison with an attenuator	75
7.4 Calibration of power meter for high power measurement	75
Annex A (normative) Mathematical basis	79
Bibliography.....	85
Figure 1 – Typical spectral responsivity of photoelectric detectors.....	23
Figure 2 – Example of a traceability chain.....	27
Figure 3 – Measurement setup for sequential, fibre-based calibration	33
Figure 4 – Change of conditions and uncertainty.....	43
Figure 5 – Determining and recording an extension uncertainty.....	55
Figure 6 – Possible subdivision of the optical reference plane into 10 x 10 squares, for the measurement of the spatial response	57
Figure 7 – Wavelength dependence of response due to Fabry-Perot type interference	65
Figure 8 – Measurement setup of polarization dependent response	65
Figure 9 – Nonlinearity calibration based on superposition	69
Figure 10 – Measurement setup for nonlinearity calibration by comparison.....	73
Table 1 – Typical calibration methods and correspondent power	31
Table 2 – Nonlinearity	71

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ETALONNAGE DE WATTMÈTRES POUR DISPOSITIFS À FIBRES OPTIQUES

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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'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. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI 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 61315 a été établie par le comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1995, dont elle constitue une révision technique.

Les modifications par rapport à l'édition antérieure de la présente Norme internationale consistent en l'adaptation des calculs d'incertitude à l'approche adoptée par le Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM), et en l'adaptation de la terminologie et des symboles graphiques au Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie (VIM) et aux normes internationales CEI 61931 et CEI 61930.

L'importance de l'étalonnage de non-linéarité est soulignée en donnant davantage de détails et se trouve à présent dans un article séparé.

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 second edition cancels and replaces the first edition published in 1995. It constitutes a technical revision.

Changes from the previous edition of this International Standard consist of adapting the uncertainty calculations to the approach taken by the GUM, and adapting the terminology and graphical symbology to international standards VIM, IEC 61931 and IEC 61930.

The importance of the nonlinearity calibration is emphasized by giving more detail and is now in a separate clause.

Les exigences concernant l'organisation et la traçabilité ont été retirées de la présente norme, dans la mesure où il s'agit d'exigences générales concernant les laboratoires d'étalonnage et où elles sont données dans la CEI/ISO 17025.

L'objectif visant à normaliser le type de spécifications relatives aux wattmètres a été retiré, étant donné qu'il ne fait pas partie d'une norme sur l'étalonnage. Il convient cependant que les spécifications soient toujours basées sur les étalonnages réalisés suivant la présente norme et la CEI 60359.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86/239/FDIS	86/248/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 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

Requirements concerning organization and traceability have been taken out of this standard since they are general requirements concerning calibration laboratories and are given in IEC/ISO 17025.

The goal to standardize the type of power meter specifications has been removed since it does not belong in a standard on calibration. Specifications should, however, still be based on calibrations made following this standard and IEC 60359.

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

FDIS	Report on voting
86/239/FDIS	86/248/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 2.

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

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

INTRODUCTION

Les wattmètres pour dispositifs à fibres optiques sont conçus pour mesurer la puissance optique des sources à fibres optiques de manière aussi précise que 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 doit par conséquent faire partie intégrante de l'étalonnage.

La présente Norme internationale 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 combinée en suivant l'Annexe A à partir des contributions d'incertitude de l'appareil de référence, de l'appareil de mesure, du montage et de la procédure.

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

- a) les estimations des incertitudes individuelles sont acceptables;
- b) une analyse détaillée de l'incertitude n'est nécessaire qu'une seule fois pour chaque type de wattmètre en essai et que tous les étalonnages suivants peuvent être basés sur cette analyse précédente, en utilisant les contributions de mesure de type A appropriées évaluées au moment de l'étalonnage;
- c) certaines incertitudes individuelles peuvent simplement être considérées comme faisant partie d'une liste de contrôle, et possédant une valeur réelle qui peut être négligée.

L'étalonnage selon l'Article 5 est obligatoire pour les rapports faisant référence à la présente norme.

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 5.3, 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 à la présente norme. L'une de ces variations, la non-linéarité, est déterminée dans un étalonnage séparé (Article 7).

NOTE Les wattmètres pour dispositifs à fibres optiques mesurent et indiquent la puissance optique dans l'air, à l'extrémité d'une fibre optique. Elle est inférieure d'environ 3,6 % à celle présente dans la fibre, en raison de la réflexion de Fresnel à la limite verre-air (avec $N = 1,47$). Il convient de garder cela à l'esprit lorsque la puissance dans la fibre doit être connue.

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 must therefore be an integral part of the calibration.

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

Calibration according to Clause 5 is mandatory for reports referring to this standard.

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 5.3, 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 standard. One of these dependences, the nonlinearity, is determined in a separate calibration (Clause 7).

NOTE Fibre-optic power meters measure and indicate the optical power in the air, at the end of an optical fibre. It is about 3,6 % lower than in the fibre due to Fresnel reflection at the glass-air boundary (with $N = 1,47$). This should be kept in mind when the power in the fibre has to be known.

ETALONNAGE DE WATTMÈTRES POUR DISPOSITIFS À FIBRES OPTIQUES

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale 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 DEL et les sources fibrées. Le rayonnement peut être divergent ou collimaté. Cette norme décrit l'étalonnage des wattmètres, qui doit être effectué par des laboratoires d'étalonnage ou par des fabricants de wattmètres.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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).

CEI 60050-300, *Vocabulaire Electrotechnique International – Mesures et appareils de mesure électriques et électroniques – Partie 311: Termes généraux concernant les mesures – Partie 312: Termes généraux concernant les mesures électriques – Partie 313: Types d'appareils électriques de mesure – Partie 314: Termes spécifiques selon le type d'appareil*

CEI 60359, *Appareils de mesure électriques et électroniques – Expression des performances*

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

CEI 61300-3-12, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 3-12: Examens et mesures – Sensibilité à la polarisation de l'affaiblissement d'un composant à fibres optiques monomodes: Méthode de calcul matriciel*

CEI 61930, *Symbologie des graphiques de fibres optiques*

CEI 61931, *Fibres optiques – Terminologie*

ISO/CEI 17025 *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

BIPM, CEI, FICC, ISO, UICPA, UIPPA, et OIML:1993, *Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie*

BIPM, CEI, FICC, ISO, UICPA, UIPPA, et OIML:1995, *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM)*

CALIBRATION OF FIBRE-OPTIC POWER METERS

1 Scope

This international standard is applicable to instruments measuring radiant power emitted from sources which are typical for the fibre-optic communications industry. These sources include laser diodes, light emitting diodes (LEDs) and fibre-type sources. The radiation may be divergent or collimated. The standard describes the calibration of power meters to be performed by calibration laboratories or by power meter manufacturers.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application 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 60050-300, *International Electrotechnical Vocabulary – Electrical and electronic measurements and measuring instruments – Part 311: General terms relating to measurements – Part 312: General terms relating to electrical measurements – Part 313: Types of electrical measuring instruments – Part 314: Specific terms according to the type of instrument*

IEC 60359, *Electrical and electronic measurement equipment – Expression of performance*

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

IEC 61300-3-12, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-12: Examinations and measurements – Polarization dependence of attenuation of a single-mode fibre optic component: Matrix calculation method*

IEC 61930, *Fibre optic graphical symbology*

IEC 61931, *Fibre optic – Terminology*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, and OIML:1993, *International vocabulary of basic terms in metrology (VIM)*

BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, and OIML:1995, *Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*