IEC 62522

Edition 2.0 2024-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Calibration of tuneable laser sources

Étalonnage des sources laser accordables

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.260, 33.180.01

ISBN 978-2-8322-9034-7

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 4
INTRODUCTION 6
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms, definitions, and abbreviated terms 7
3.1 Terms and definitions 7
3.2 Abbreviated terms 10
4 Preparation for calibration 10
4.1 Organization 10
4.2 Traceability 10
4.3 Preparation 10
4.4 Reference calibration conditions 11
5 Wavelength calibration 11
5.1 Overview 11
5.2 Wavelength calibration at reference conditions 12
5.2.1 Set-up 12
5.2.2 Calibration equipment 12
5.2.3 Procedure for wavelength calibration 12
5.2.4 Dependence on conditions 13
5.2.5 Uncertainty at reference conditions 15
5.3 Wavelength calibration at operating conditions 16
5.3.1 General 16
5.3.2 Optical power dependence 16
5.3.3 Uncertainty at operating conditions 17
6 Optical power calibration 18
6.1 Overview 18
6.2 Optical power calibration at reference conditions 18
6.2.1 Set-up 18
6.2.2 Calibration equipment 19
6.2.3 Procedure for power calibration at reference conditions 19
6.2.4 Dependence on conditions 20
6.2.5 Uncertainty at reference conditions 23
6.3 Optical power calibration at operating conditions 23
6.3.1 General 23
6.3.2 Wavelength dependence 24
6.3.3 Uncertainty at operating conditions 25
7 Documentation 25
7.1 Calibration data and uncertainty 25
7.2 Calibration conditions 26
Annex A (normative) Mathematical basis for measurement uncertainty calculations 27
A.1 General 27
A.2 Type A evaluation of uncertainty 27
A.3 Type B evaluation of uncertainty 28
A.4 Determining the combined standard uncertainty 29
A.5 Reporting 29
Annex B (informative) Other testing 30

B.1 General 30
B.2 Wavelength tuning resolution 30
B.2.1 Set-up 30
B.2.2 Testing equipment 30
B.2.3 Testing procedure for determining wavelength resolution 30
B.3 Optical power tuning resolution 31
B.3.1 Set-up 31
B.3.2 Testing equipment 31
B.3.3 Testing procedure for optical power resolution 31
B.4 Signal-to-source spontaneous emission ratio 32
B.4.1 General 32
B.4.2 Set-up 32
B.4.3 Testing equipment 32
B.4.4 Testing procedure for determining signal-to-source spontaneous emission ratio 32
B.5 Side-mode suppression ratio 33
B.5.1 General 33
B.5.2 Set-up 33
B.5.3 Testing equipment 34
B.5.4 Testing procedure for determining the side-mode suppression ratio 34
Annex C (informative) Linear to dB scale conversion of uncertainties 37
C.1 Definition of decibel 37
C.2 Conversion of relative uncertainties 37
Bibliography 39

Figure 1 – Measurement set-up for wavelength calibration 12
Figure 2 – Measurement set-up for temperature dependence 13
Figure 3 – Measurement set-up for wavelength stability 14
Figure 4 – Measurement set-up for optical power dependence 16
Figure 5 – Measurement set-up for intrinsic optical power calibration 18
Figure 6 – Measurement set-up for temperature dependence 20
Figure 7 – Measurement set-up for optical power stability 21
Figure 8 – Measurement set-up for connection repeatability/reproducibility 22
Figure 9 – Measurement set-up for wavelength dependence 24
Figure B.1 – Measurement set-up for wavelength resolution 30
Figure B.2 – Measurement set-up for optical power resolution setting test 31
Figure B.3 – Measurement set-up for signal to total source spontaneous emission ratio 32
Figure B.4 – Measurement of the signal to spontaneous emission ratio 33
Figure B.5 – Measurement set-up for the side-mode suppression ratio test 33
Figure B.6 – Optical spectrum of tuneable laser source 35
Figure B.7 – Measurement set-up for SMSR 35

Table 1 – Source of uncertainty for wavelength calibration 11
Table 2 – Source of uncertainty for optical power calibration 18

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

CALIBRATION OF TUNEABLE LASER SOURCES

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at https://patents.iec.ch. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 62522 has been prepared by IEC technical committee 86: Fibre optics. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2014. This edition constitutes a technical revision.

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

a) addition of references to IEC 61315;
b) addition of Table 1 and Table 2 on uncertainties;
c) clarification of the reference power meter settings in 6.2.3 and 6.3.2.3.

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

Draft	Report on voting
86/639/FDIS	86/643/RVD

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

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

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

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

INTRODUCTION

Wavelength-division multiplexing (WDM) transmission systems have been deployed in optical trunk lines. ITU-T Recommendations in the G.694 series describe the frequency and wavelength grids for WDM applications. For example, the frequency grid of ITU-T Recommendation G.694.1 supports a variety of channel spacing ranging from 12,5 GHz to 100 GHz and wider. WDM devices, such as arrayed waveguide grating (AWG), thin film filter or grating based multiplexers (MUX), and demultiplexers (DMUX) with narrow channel spacing are incorporated in the WDM transmission systems. When measuring the characteristics of such devices, wavelength tuneable laser sources are commonly used and are required to have well-calibrated performances; wavelength uncertainty, wavelength tuning repeatability, wavelength stability, and output optical power stability are important parameters.

The tuneable laser source (TLS) is generally equipped with the following features:

a) the output wavelength is continuously tuneable in a wavelength range starting at 1 260 nm or higher and ending at less than 1 675 nm (the output should excite only the fundamental LP01 fibre mode);

b) an output port for optical fibre connectors.

The envelope of the spectrum is a single longitudinal mode with a full-width at half-maximum (FWHM) of at most 0,1 nm. Any adjacent modes are at least 20 dB lower than the main spectral mode (for example, a distributed feedback laser diode (DFB-LD), external cavity laser, etc.).

CALIBRATION OF TUNEABLE LASER SOURCES

1 Scope

This document provides a stable and reproducible procedure to calibrate the wavelength and power output of a tuneable laser against reference instrumentation such as optical power meters and optical wavelength meters (including optical frequency meters) that have been previously traceably calibrated.

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 60793-2-50, *Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B single-mode fibres*

IEC 60825-1, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*

IEC 60825-2, *Safety of laser products – Part 2: Safety of optical fibre communication systems (OFCSs)*

IEC 61315, *Calibration of fibre-optic power meters*

IEC 62129-2, *Calibration of wavelength/optical frequency measurement instruments – Part 2: Michelson interferometer single wavelength meters*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 43
INTRODUCTION 45
1 Domaine d'application 46
2 Références normatives 46
3 Termes, définitions et abréviations 46
3.1 Termes et définitions 46
3.2 Abréviations 49
4 Préparation pour l'étalonnage 49
4.1 Organisation 49
4.2 Traçabilité 49
4.3 Préparation 50
4.4 Conditions d'étalonnage de référence 50
5 Étalonnage de la longueur d'onde 50
5.1 Présentation 50
5.2 Étalonnage de la longueur d'onde dans des conditions de référence 51
5.2.1 Montage 51
5.2.2 Équipement d'étalonnage 51
5.2.3 Procédure d'étalonnage de la longueur d'onde 51
5.2.4 Dépendance par rapport aux conditions 53
5.2.5 Incertitude dans les conditions de référence 55
5.3 Étalonnage de la longueur d'onde dans les conditions de fonctionnement 56
5.3.1 Généralités 56
5.3.2 Dépendance par rapport à la puissance optique 56
5.3.3 Incertitude aux conditions de fonctionnement 57
6 Étalonnage de la puissance optique 57
6.1 Présentation 57
6.2 Étalonnage de la puissance optique dans les conditions de référence 58
6.2.1 Montage 58
6.2.2 Équipement d'étalonnage 58
6.2.3 Procédure d'étalonnage de la puissance dans des conditions de référence 59
6.2.4 Dépendance par rapport aux conditions 60
6.2.5 Incertitude dans les conditions de référence 63
6.3 Étalonnage de la puissance optique dans les conditions de fonctionnement 64
6.3.1 Généralités 64
6.3.2 Dépendance par rapport à la longueur d'onde 64
6.3.3 Incertitude aux conditions de fonctionnement 65
7 Documentation 66
7.1 Données d'étalonnage et incertitude 66
7.2 Conditions d'étalonnage 66
Annexe A (normative) Base mathématique pour les calculs d'incertitude de mesure 67
A.1 Généralités 67
A.2 Évaluation de l'incertitude de type A 67
A.3 Évaluation de l'incertitude de type B 68
A.4 Détermination de l'incertitude-type combinée 69
A.5 Rapport 69
Annexe B (informative) Autres essais 70

B.1 Généralités 70
B.2 Résolution de l'accord de longueur d'onde 70
B.2.1 Montage 70
B.2.2 Équipement d'essai 70
B.2.3 Procédure d'essai de détermination de la résolution de la longueur d'onde 70
B.3 Résolution de l'accord de puissance optique 71
B.3.1 Montage 71
B.3.2 Équipement d'essai 71
B.3.3 Procédure d'essai de la résolution de la puissance optique 71
B.4 Taux d'émission spontanée entre signal et source 72
B.4.1 Généralités 72
B.4.2 Montage 72
B.4.3 Équipement d'essai 72
B.4.4 Procédure d'essai pour déterminer le taux d'émission spontanée entre signal et source 73
B.5 Taux de suppression des modes latéraux 74
B.5.1 Généralités 74
B.5.2 Montage 74
B.5.3 Équipement d'essai 74
B.5.4 Procédure d'essai pour déterminer le taux de suppression des modes latéraux 75
Annexe C (informative) Conversion linéaire en échelle dB des incertitudes 78
C.1 Définition de décibels 78
C.2 Conversion des incertitudes relatives 78
Bibliographie 79

Figure 1 – Montage de mesure de l'étalonnage de la longueur d'onde 51
Figure 2 – Montage de mesure de la dépendance par rapport à la température 53
Figure 3 – Montage de mesure de la stabilité de la longueur d'onde 54
Figure 4 – Montage de mesure de la dépendance par rapport à la puissance optique 56
Figure 5 – Montage de mesure de l'étalonnage de la puissance optique intrinsèque 58
Figure 6 – Montage de mesure de la dépendance par rapport à la température 60
Figure 7 – Montage de mesure de la stabilité de la puissance optique 61
Figure 8 – Montage de mesure de la répétabilité/reproductibilité des connexions 62
Figure 9 – Montage de mesure de la dépendance à la longueur d'onde 64
Figure B.1 – Montage de mesure de la résolution de la longueur d'onde 70
Figure B.2 – Montage de mesure pour l'essai de réglage de résolution de la puissance optique 71
Figure B.3 Figure B.3 — Montage de mesure du taux d'émission spontanée entre signal et source 72
Figure B.4 – Mesure du taux d'émission spontanée entre signal et source 73
Figure B.5 – Montage de mesure pour l'essai du taux de suppression des modes latéraux 74
Figure B.6 – Spectre optique de la source laser accordable 75
Figure B.7 – Montage de mesure pour le SMSR 76

Tableau 1 – Source d'incertitude pour l'étalonnage de la longueur d'onde 51

Tableau 2 – Source d’incertitude pour l’étalonnage de la puissance optique 58

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

ÉTALONNAGE DES SOURCES LASER ACCORDABLES

AVANT-PROPOS

1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
9) L'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC avait/n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse https://patents.iec.ch. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevet.

L'IEC 62522 a été établie par le comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2014. Cette édition constitue une révision technique.

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

a) ajout de références à l'IEC 61315;
b) ajout du Tableau 1 et du Tableau 2 sur les incertitudes;
c) clarification des paramètres du wattmètre de référence en 6.2.3 et 6.3.2.3.

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

Projet	Rapport de vote
86/639/FDIS	86/643/RVD

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

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

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

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

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

INTRODUCTION

Les systèmes de transmission par multiplexage par répartition en longueur d'onde (MRL) sont déployés dans les lignes optiques principales. Les recommandations UIT-T de la série G.694 décrivent des grilles de fréquences et de longueurs d'onde pour des applications MRL. Par exemple, la grille de fréquence de la recommandation UIT-T G.694.1 prend en charge un certain nombre d'espacements entre les canaux sur une plage allant de 12,5 GHz à 100 GHz et sur une plage plus large dispositifs MRL, tels qu'un réseau de guide d'onde (AWG, Arrayed Waveguide Grating), des multiplexeurs (MUX) et des démultiplexeurs (DMUX) basés sur un filtre à couche mince ou sur des réseaux, avec un espacement étroit entre les canaux, sont intégrés dans les systèmes de transmission MRL. Lors de la mesure des caractéristiques de tels dispositifs, des sources laser accordables en longueur d'onde sont utilisées la plupart du temps et sont nécessaires pour obtenir des performances bien étalonnées. L'incertitude sur les longueurs d'onde, la répétabilité du caractère accordable des longueurs d'onde, la stabilité de la longueur d'onde et la stabilité de la puissance optique de sortie sont des paramètres importants.

Une source laser accordable (TLS, Tuneable Laser Source) présente généralement les fonctionnalités suivantes:

a) la longueur d'onde de sortie est accordable de manière continue dans une plage de longueurs d'onde comprise entre 1 260 nm ou plus et 1 675 nm ou moins (il convient que la sortie n'excite que le mode fondamental LP01 de la fibre);

b) un port de sortie pour connecteurs de fibres optiques.

L'enveloppe du spectre représente un mode longitudinal unique avec une largeur à mi-hauteur (FWHM, Full-Width at Half-Maximum) de 0,1 nm au plus. Tout mode adjacent est inférieur d'au moins 20 dB par rapport au mode spectral principal (par exemple, une diode laser à rétroaction répartie [DFB-LD, Distributed Feedback Laser Diode], un laser à cavité externe, etc.).

ÉTALONNAGE DES SOURCES LASER ACCORDABLES

1 Domaine d'application

Le présent document fournit une procédure fiable et reproductible pour étalonner la longueur d'onde et la puissance de sortie d'un laser accordable en fonction des instruments de référence tels que des wattmètres optiques et des appareils de mesure de longueur d'onde optique (y compris des fréquencemètres optiques) dont la traçabilité a été préalablement étalonnée.

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 60793-2-50, *Fibres optiques — Partie 2-50: Spécifications de produits — Spécification intermédiaire pour les fibres unimodales de classe B*

IEC 60825-1, *Sécurité des appareils à laser — Partie 1: Classification des matériels et exigences*

IEC 60825-2, *Sécurité des appareils à laser — Partie 2: Sécurité des systèmes de télécommunication par fibres optiques (STFO)*

IEC 61315, *Étalonnage de wattmètres pour dispositifs à fibres optiques*

IEC 62129-2, *Étalonnage des appareils de mesure de longueur d'onde/appareil de mesure de la fréquence optique — Partie 2: Appareils de mesure de longueur d'onde unique à interféromètre de Michelson*

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