IEC 61280-2-9

Edition 2.0 2009-02

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

## Fibre optic communication subsystem test procedures – Part 2-9: Digital systems – Optical signal-to-noise ratio measurement for dense wavelength-division multiplexed systems

## Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunications à fibres optiques – Partie 2-9: Systèmes numériques – Mesure du rapport signal sur bruit optique pour les systèmes multiplexés à répartition en longueur d'onde dense

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX S

ICS 33.180.20

ISBN 978-2-88910-477-2

® 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 ..... 8
3 Definition ..... 8
4 Apparatus ..... 9
4.1 General ..... 9
4.2 Diffraction grating-based OSA ..... 9
4.3 Michelson interferometer-based OSA ..... 10
4.4 Fabry-Perot-based OSA ..... 10
4.5 OSA performance requirements ..... 11
4.5.1 General ..... 11
4.5.2 Wavelength range ..... 11
4.5.3 Sensitivity ..... 11
4.5.4 Resolution bandwidth (RBW) ..... 11
4.5.5 Resolution bandwidth accuracy ..... 12
4.5.6 Dynamic range ..... 12
4.5.7 Scale fidelity ..... 13
4.5.8 Polarization dependence ..... 13
4.5.9 Wavelength data points ..... 13
5 Sampling and specimens ..... 13
6 Procedure ..... 13
7 Calculations ..... 14
8 Measurement uncertainty ..... 14
9 Documentation ..... 14
Annex A (informative) Error in measuring signal level due to signal spectral width ..... 16
Annex B (informative) Error in measuring noise level due to signal spectral width and wavelength filtering ..... 19
Bibliography ..... 21

Figure 1 – A typical optical spectrum at an optical interface in a multichannel transmission system ..... 8
Figure 2 – The OSNR for each channel as derived from direct measurements of the optical spectrum ..... 9
Figure 3 – A diffraction grating-based OSA ..... 10
Figure 4 – A Michelson interferometer-based OSA ..... 10
Figure 5 – A Fabry-Perot-based OSA ..... 11
Figure 6 – Illustration of insufficient dynamic range as another source of measurement uncertainty ..... 13
Figure A.1 – The power spectrum of a 10 Gb/s, $2^7 - 1$ PRBS signal showing the considerable amount of power not captured in a 0,1 nm RBW with 0,64 nm filtering after the signal ..... 17
Figure A.2 – The spectrum of a 2,5 Gb/s $2^7 - 1$ PRBS with 0,36 nm filtering with considerably less power outside the 0,1 nm OSA RBW ..... 17
Figure A.3 – Signal power error versus RBW for a 10 Gb/s modulated signal ..... 18

Figure A.4 – Signal power error versus RBW for a 2,5 Gb/s modulated signal ..... 18
Figure B.1 – Example for noise filtering between channels for a 200 GHz grid ..... 20

Table A.1 – Filtering used in simulation to determine signal power level error ..... 16
Table A.2 – RBW to achieve less than 0,1 dB error in signal power ..... 18

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

# FIBRE OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM TEST PROCEDURES –

## Part 2-9: Digital systems – Optical signal-to-noise ratio measurement for dense wavelength-division multiplexed systems

## 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 61280-2-9 has been prepared by subcommittee 86C: Fibre optic systems and active devices, of IEC technical committee 86: Fibre optics

This second addition cancels and replaces the first edition published in 2002 and constitutes a technical revision. The main changes from the previous edition are as follows:

- A paragraph has been added to the Scope describing the limitations due to signal spectral width and wavelength filtering.
- Annex B has been added to further explain error in measuring noise level due to signal spectral width and wavelength filtering.

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

| CDV | Report on voting |
|---|---|
| 86C/823/CDV | 86C/864/RVC |

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.

A list of all the parts in the IEC 61280 series, under the general title *Fibre optic communication subsystem test procedures*, can be found on the IEC website.

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

At the optical interfaces within wavelength-division multiplexed (WDM) networks, it is desirable to measure parameters that provide information about the integrity of the physical plant. Such parameters are necessary to *monito*r network performance as an integral part of network management. They are also necessary to assure proper system operation for *installation and maintenance* of the network.

Ideally, such parameters would directly correspond to the bit error ratio (BER) of each channel of a multichannel carrier at the particular optical interface. Related parameters such as Q-factor or those calculated from optical eye patterns would provide similar information, that is, they would correlate to the channel BER. However, it is difficult to obtain access to these parameters at a multichannel interface point. It is necessary to demultiplex the potentially large number of channels and make BER, Q-factor, or eye-diagram measurements on a per-channel basis.

In contrast, useful information about the optical properties of the multichannel carrier is readily obtained by measuring the optical spectrum. Wavelength-resolved signal and noise levels provide information on signal level, signal wavelength, and amplified spontaneous emission (ASE) for each channel. Spectral information, however, does not show signal degradation due to wave-shape impairments resulting from polarization-mode dispersion (PMD), and chromatic dispersion. Also, intersymbol interference and time jitter are not revealed from an optical signal to noise ratio (OSNR) measurement. In spite of these limitations, OSNR is listed as an interface parameter in ITU-T Rec. G.692 [1][1], as an optical monitoring parameter in ITU-T Rec. G.697 [2] and in ITU-T G Rec. Sup. 39 [3].

---

1 Figures in brackets refer to the bibliography.

# FIBRE OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM TEST PROCEDURES –

## Part 2-9: Digital systems – Optical signal-to-noise ratio measurement for dense wavelength-division multiplexed systems

## 1 Scope

This part of IEC 61280 provides a parameter definition and a test method for obtaining optical signal-to-noise ratio (OSNR) using apparatus that measures the optical spectrum at a multichannel interface. Because noise measurement is made on an optical spectrum analyzer, the measured noise does not include source relative intensity noise (RIN) or receiver noise.

Three implementations for an optical spectrum analyser (OSA) are discussed: a diffraction-grating-based OSA, a Michelson interferometer-based OSA, and a Fabry-Perot-based OSA. Performance characteristics of the OSA that affect OSNR measurement accuracy are provided.

A typical optical spectrum at a multichannel interface is shown in Figure 1. Important characteristics are as follows.

- The channels are placed nominally on the grid defined by ITU Recommendation G.694.1.[4]
- Individual channels may be non-existent because it is a network designed with optical add/drop demultiplexers or because particular channels are out of service.
- Both channel power and noise power are a function of wavelength.

For calculating the OSNR, the most appropriate noise power value is that at the channel wavelength. However, with a direct spectral measurement, the noise power at the channel wavelength is included in the signal power and is difficult to extract. An estimate of the channel noise power can be made by interpolating the noise power value between channels.

The accuracy of estimating the noise power at the signal wavelength by interpolating the noise power at an offset wavelength can be significantly reduced when the signal spectrum extends into the gap between the signals and when components such as add-drop multiplexers along the transmission span modify the spectral shape of the noise. These effects are discussed in further detail in Annex B, and can make the method of this document unusable for some situations. In such cases, where signal and noise cannot be sufficiently separated spectrally, it is necessary to use more complex separation methods, like polarization or time-domain extinction, or to determine signal quality with a different parameter, such as RIN. This is beyond the scope of the current document.

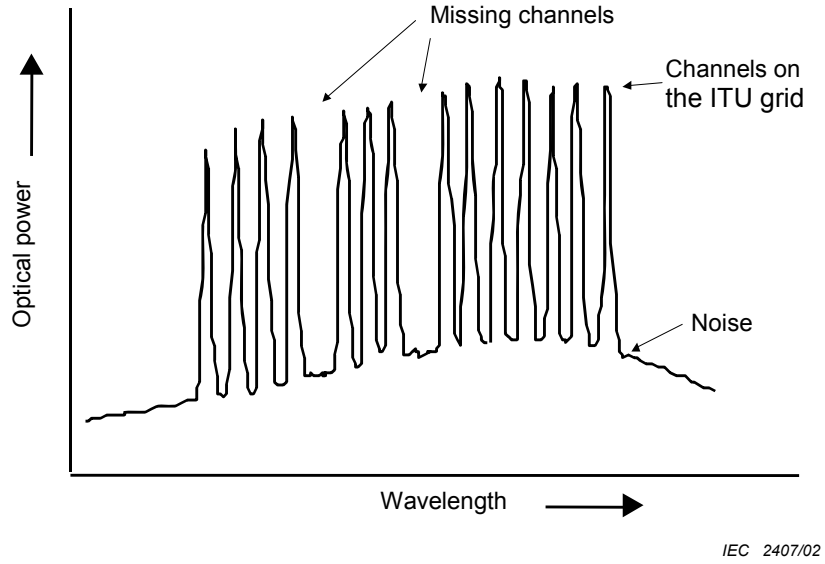



**Figure 1 – Typical optical spectrum at an optical interface in a multichannel transmission system**

## 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 61290-3-1, *Optical amplifiers – Test methods – Part 3-1: Noise figure parameters – Optical spectrum analyzer method*

IEC 62129, *Calibration of optical spectrum analyzers*

# SOMMAIRE

AVANT-PROPOS ..... 24
INTRODUCTION ..... 26
1 Domaine d'application ..... 27
2 Références normatives ..... 28
3 Définition ..... 28
4 Appareil ..... 29
4.1 Généralités ..... 29
4.2 OSA réalisé à partir d'un réseau de diffraction ..... 29
4.3 OSA réalisé à partir d'un interféromètre Michelson ..... 30
4.4 OSA réalisé à partir du Fabry-Perot ..... 30
4.5 Exigences de performance OSA ..... 31
4.5.1 Généralités ..... 31
4.5.2 Plage de longueurs d'onde ..... 31
4.5.3 Sensibilité ..... 31
4.5.4 Largeur de bande de résolution (RBW) ..... 31
4.5.5 Précision de la largeur de bande de résolution ..... 32
4.5.6 Plage dynamique ..... 32
4.5.7 Fidélité d'échelle ..... 33
4.5.8 Dépendance de la polarisation ..... 33
4.5.9 Points de données de longueurs d'onde ..... 33
5 Echantillonnage et éprouvettes ..... 33
6 Procédure ..... 33
7 Calculs ..... 34
8 Incertitude de mesure ..... 34
9 Documentation ..... 34
Annexe A (informative) Erreur de mesure du niveau de signal du fait de la largeur spectrale du signal ..... 36
Annexe B (informative) Erreur de mesure du niveau de bruit du fait de la largeur spectrale du signal et du filtrage de la longueur d'onde ..... 40
Bibliographie ..... 42

Figure 1 – Spectre optique type au niveau d'une interface optique dans un système de transmission multivoie ..... 28
Figure 2 – OSNR de chaque voie , dérivé des mesures directes du spectre optique ..... 29
Figure 3 – OSA réalisé à partir d'un réseau de diffraction ..... 30
Figure 4 – OSA réalisé à partir d'un interféromètre Michelson ..... 30
Figure 5 – OSA réalisé à partir d'un Fabry-Perot ..... 31
Figure 6 – Illustration de l'insuffisance de la plage dynamique comme autre source d'incertitude de mesure ..... 33
Figure A.1 – Spectre de puissance d'un signal PRBS de 10 Gb/s, $2^7 – 1$ montrant une puissance considérable non capturée dans une RWB de 0,1 nm avec un filtrage de 0,64 nm après le signal ..... 37
Figure A.2 – Spectre d'un PRBS de 2,5 Gb/s $2^7 – 1$ avec un filtrage de 0,36 nm avec beaucoup moins de puissance à l'extérieur de la RBW de l'OSA de 0,1 nm ..... 37

Figure A.3 – Erreur de puissance du signal par rapport à la RBW pour un signal modulé de 10 Gb/s ..... 38
Figure A.4 – Erreur de puissance de signal par rapport à la RBW pour un signal modulé de 2,5 Gb/s ..... 38
Figure B.1 – Exemple de filtrage du bruit entre des voies pour une grille de 200 GHz ..... 41

Tableau A.1 – Filtrage utilisé en simulation pour déterminer l'erreur du niveau de puissance du signal ..... 36
Tableau A.2 – RBW afin d'obtenir une erreur de moins de 0,1 dB sur la puissance du signal ..... 39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

# PROCÉDURES D'ESSAI DES SOUS-SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATIONS À FIBRES OPTIQUES –

## Partie 2-9: Systèmes numériques – Mesure du rapport signal sur bruit optique pour les systèmes multiplexés à répartition en longueur d'onde dense

## 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 CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et elles 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'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toute divergence entre toute Publication de la CEI et toute publication nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
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 CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de l'identification de ces droits de propriété en tout ou partie.

La Norme internationale CEI 61280-2-9 a été établie par le sous-comité 86C: Systèmes et dispositifs actifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2002 et constitue une révision technique. Les changements principaux par rapport à la première édition sont les suivants:

- Un paragraphe a été ajouté au Domaine d'application, décrivant les limites dues à la largeur spectrale du signal et au filtrage en longueur d'onde.
- L'Annexe B a été ajoutée, afin de mieux expliquer les erreurs survenant lors de la mesure du niveau de bruit dû à la largeur spectrale du signal et au filtrage en longueur d'onde.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| CDV | Rapport de vote |
|---|---|
| 86C/823/CDV | 86C/864/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61280, présentée sous le titre général *Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunications à fibres optiques*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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.

# INTRODUCTION

Au niveau des interfaces optiques dans les réseaux multiplexés à répartition en longueur d'onde (WDM), il est souhaitable de mesurer les paramètres qui fournissent les informations sur l'intégrité de l'installation physique. De tels paramètres sont nécessaires pour *surveiller* la performance du réseau en tant que partie intégrante de la gestion de réseau. Ils sont également nécessaires pour assurer le fonctionnement approprié du système pour l'*installation et la maintenance* du réseau.

Idéalement, de tels paramètres correspondraient directement au taux d'erreur binaire (BER) de chaque voie d'un porteur multivoie au niveau d'une interface optique particulière. Des paramètres en relation tels que le facteur de qualité ou ceux calculés à partir de diagrammes en œil optiques fourniraient des informations similaires, c'est-à-dire qu'ils corréleraient aux taux d'erreur binaire (BER) de la voie. Cependant, il est difficile d'obtenir l'accès à ces paramètres à un point d'interface multivoie. Il est nécessaire de démultiplexer le nombre potentiellement grand de voies et d'effectuer les mesures du BER, du facteur de qualité ou du diagramme en œil sur une base par voie.

Par contraste, les informations utiles sur les propriétés optiques du porteur multivoie sont aisément obtenues en mesurant le spectre optique. Les niveaux de bruit et de signaux résolus par longueur d'onde fournissent les informations sur le niveau de signal, la longueur d'onde de signal, et l'émission spontanée amplifiée (ASE) pour chaque voie. Cependant, les informations spectrales ne présentent pas de dégradation de signaux du fait de déficiences de formes d'onde résultant de la dispersion en mode polarisation (PMD) et de la dispersion chromatique. De même, les interférences entre symboles et la gigue de temps ne sont pas révélées à partir d'une mesure du rapport signal sur bruit optique (OSNR). Malgré ces limitations, l'OSNR est indiqué comme un paramètre d'interface dans la Recommandation ITU-T G.692 [1] [1)], et comme un paramètre de surveillance optique dans les recommandations ITU-T G.697 [2] et ITU-T G Sup. 39 [3].

---

1) Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

# PROCÉDURES D'ESSAI DES SOUS-SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATIONS À FIBRES OPTIQUES –

## Partie 2-9: Systèmes numériques – Mesure du rapport signal sur bruit optique pour les systèmes multiplexés à répartition en longueur d'onde dense

## 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61280 fournit une définition de paramètres et une méthode d'essai pour obtenir un rapport signal sur bruit optique (OSNR) en utilisant un appareillage destiné à mesurer le spectre optique au niveau d'une interface multivoie. Du fait qu'une mesure de bruit est effectuée sur un analyseur de spectre optique, le bruit mesuré n'inclut pas le bruit à intensité relatif de la source (RIN) ou le bruit de récepteur.

Trois réalisations relatives aux analyseurs de spectre optique (OSA) sont en cours de discussion: un OSA réalisé à partir d'un réseau de diffraction, un OSA réalisé à partir d'un interféromètre Michelson, et un OSA réalisé à partir d'un Fabry-Perot. Les caractéristiques de performance de l'OSA qui affectent la précision de mesures de l'OSNR sont fournies.

Un spectre optique type au niveau d'une interface multivoie est illustré à la Figure 1. Les caractéristiques importantes sont les suivantes.

- Les voies sont placées nominalement sur la grille définie par la Recommandation G.694.1 de l'UIT-T [4].
- Les voies individuelles peuvent être non existantes parce qu'il s'agit d'un réseau conçu avec des démultiplexeurs add/drop ou parce que des voies particulières sont hors-service.
- Tant la puissance de voie que la puissance de bruit sont fonction d'une longueur d'onde.

Pour calculer l'OSNR, la valeur de la puissance de bruit la plus appropriée est celle qui est au niveau de la longueur d'onde de voie. Cependant, avec une mesure spectrale directe, la puissance de bruit au niveau de la longueur d'onde de voie est incluse dans la puissance de signal et est difficile à extraire. Une estimation de la puissance de bruit des voies peut être effectuée en interpolant la valeur de la puissance de bruit entre les voies.

La précision concernant l'estimation de la puissance de bruit à la longueur d'onde du signal en interpolant la puissance de bruit à une longueur d'onde décalée peut être réduite de façon significative quand le spectre du signal s'étend jusqu'au creux entre signaux, et quand des composants tels que des multiplexeurs add/drop pendant le temps de la transmission modifient la forme spectrale du bruit. Ces effets sont débattus avec de plus amples détails dans l'Annexe B, et peuvent rendre la méthode de ce document inutilisable dans certains cas. Dans de tels cas, où le signal et le bruit ne peuvent pas être séparés spectralement de façon suffisante, il est nécessaire d'utiliser des méthodes de séparation plus complexes, comme l'extinction de la polarisation ou l'extinction dans le domaine temporel, ou de déterminer la qualité du signal avec un paramètre différent, tel que le RIN. Ce dernier point est au-delà du domaine d'application du présent document.

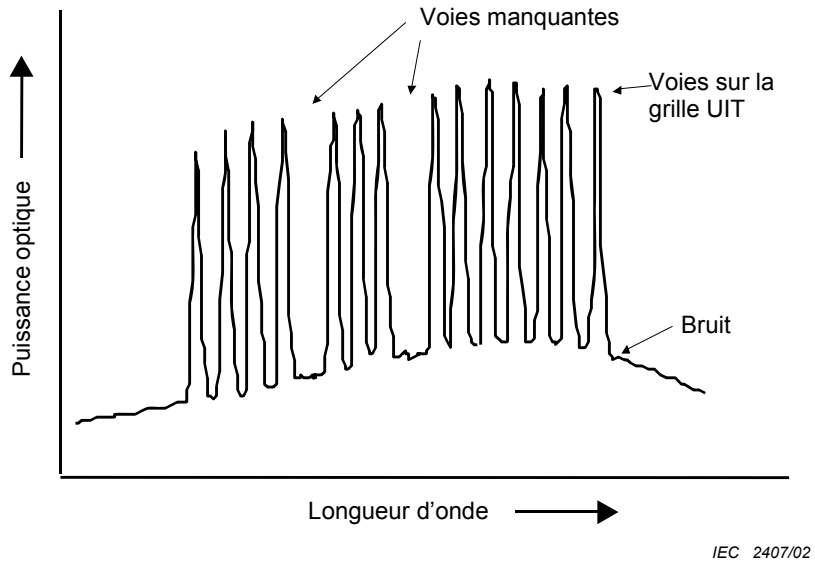



**Figure 1 – Spectre optique type au niveau d'une interface optique dans un système de transmission multivoie**

## 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 61290-3-1, *Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai – Partie 3-1: Paramètres du facteur de bruit – Méthode d'analyseur du spectre optique*

CEI 62129, *Etalonnage des analyseurs de spectre optique*