

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61290-10-3**

Première édition  
First edition  
2002-12

---

---

**Amplificateurs optiques –  
Méthodes d'essai –**

**Partie 10-3:  
Paramètres à canaux multiples –  
Méthodes par sondage**

**Optical amplifiers –  
Test methods –**

**Part 10-3:  
Multichannel parameters –  
Probe methods**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 61290-10-3:2003

## Numérotation des publications

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

## Editions consolidées

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

## Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

- **Site web de la CEI** ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- **Catalogue des publications de la CEI**

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

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues ([http://www.iec.ch/online\\_news/justpub/jp\\_entry.htm](http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm)) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

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

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tél: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

## Publication numbering

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

## Consolidated editions

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

## Further information on IEC publications

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

- **IEC Web Site** ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- **Catalogue of IEC publications**

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

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications ([http://www.iec.ch/online\\_news/justpub/jp\\_entry.htm](http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm)) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

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

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61290-10-3**

Première édition  
First edition  
2002-12

---

---

---

**Amplificateurs optiques –  
Méthodes d'essai –**

**Partie 10-3:  
Paramètres à canaux multiples –  
Méthodes par sondage**

**Optical amplifiers –  
Test methods –**

**Part 10-3:  
Multichannel parameters –  
Probe methods**

© IEC 2003 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 Varembe, 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

**R**

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

## SOMMAIRE

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                   | 4  |
| INTRODUCTION .....                                                                   | 6  |
| 1 Domaine d'application et objet .....                                               | 8  |
| 2 Références normatives .....                                                        | 10 |
| 3 Appareils .....                                                                    | 10 |
| 3.1 Méthode par sonde à laser .....                                                  | 12 |
| 3.2 Méthode avec sonde pour bruit à large bande .....                                | 12 |
| 3.3 Description détaillée des appareils .....                                        | 14 |
| 3.3.1 Module source .....                                                            | 14 |
| 3.3.2 Affaiblisseur optique variable .....                                           | 18 |
| 3.3.3 Analyseur de spectre optique .....                                             | 18 |
| 3.3.4 Appareil de mesure de la puissance (wattmètre) optique .....                   | 18 |
| 3.3.5 Connecteurs optiques .....                                                     | 18 |
| 3.3.6 Câbles de liaison à fibres optiques .....                                      | 18 |
| 3.3.7 Contrôleur de polarisation .....                                               | 18 |
| 3.3.8 Module de source de bruit à large bande .....                                  | 20 |
| 3.3.9 Coupleur .....                                                                 | 20 |
| 3.3.10 Interrupteur optique .....                                                    | 20 |
| 3.3.11 Laser de sonde .....                                                          | 20 |
| 4 Echantillon d'essai .....                                                          | 20 |
| 5 Procédure .....                                                                    | 20 |
| 5.1 Réglage de l'état de saturation .....                                            | 20 |
| 5.2 Méthode par sonde à laser .....                                                  | 24 |
| 5.3 Méthode avec sonde pour bruit à large bande .....                                | 24 |
| 6 Calculs .....                                                                      | 28 |
| 6.1 Méthode par sonde à laser .....                                                  | 28 |
| 6.2 Méthode par source à large bande .....                                           | 30 |
| 7 Résultats des essais .....                                                         | 32 |
| Annexe A (informative) Liste des abréviations .....                                  | 34 |
| Annexe B (informative) Brevets concernés .....                                       | 36 |
| Bibliographie .....                                                                  | 38 |
| Figure 1 – Schémas-blocs des méthodes avec sonde .....                               | 14 |
| Figure 2 – Sources optiques modulées .....                                           | 16 |
| Figure 3 – Un jeu réduit de longueurs d'onde saturantes .....                        | 22 |
| Figure 4 – Temporalisation type de la méthode avec sonde à bruit à large bande ..... | 26 |

## CONTENTS

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD .....                                                                                            | 5  |
| INTRODUCTION .....                                                                                        | 7  |
| 1 Scope and object .....                                                                                  | 9  |
| 2 Normative references.....                                                                               | 11 |
| 3 Apparatus .....                                                                                         | 11 |
| 3.1 Laser probe method.....                                                                               | 13 |
| 3.2 Broadband noise probe method .....                                                                    | 13 |
| 3.3 Detailed description of apparatus.....                                                                | 15 |
| 4 Test sample .....                                                                                       | 21 |
| 5 Procedure .....                                                                                         | 21 |
| 5.1 Setting the saturation condition.....                                                                 | 21 |
| 5.2 Laser probe method.....                                                                               | 25 |
| 5.3 Broadband noise probe method .....                                                                    | 25 |
| 6 Calculations .....                                                                                      | 29 |
| 6.1 Laser probe method.....                                                                               | 29 |
| 6.2 Broadband source method .....                                                                         | 31 |
| 7 Test results.....                                                                                       | 33 |
| Annex A (informative) List of abbreviations .....                                                         | 35 |
| Annex B (informative) Relevant patents .....                                                              | 37 |
| Bibliography .....                                                                                        | 39 |
| Figure 1 – Block diagrams for probe methods .....                                                         | 15 |
| Figure 2 – Modulated optical sources .....                                                                | 17 |
| Figure 3 – A reduced set of saturating wavelengths – (b) replaces the full set (a) in<br>each region..... | 23 |
| Figure 4 – Typical timing for broadband noise probe method.....                                           | 27 |

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## AMPLIFICATEURS OPTIQUES – MÉTHODES D'ESSAI –

### Partie 10-3: Paramètres à canaux multiples – Méthodes par sondage

#### AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61290-10-3 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 norme doit être lue avec la CEI 61291-1 et la CEI 61290-3.

Cette version bilingue (2003-06) annule et remplace la version monolingue anglaise.

Le texte anglais de cette norme est basé sur les documents 86C/459/FDIS et 86C/483/RVD. Le rapport de vote 86C/483/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

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 2008-12. A cette date, la publication sera

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

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**OPTICAL AMPLIFIERS –  
TEST METHODS –****Part 10-3: Multichannel parameters –  
Probe methods**

## FOREWORD

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

International Standard IEC 61290-10-3 has been prepared by subcommittee 86C: Fibre optic systems and active devices, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This standard should be read in conjunction with IEC 61291-1 and 61290-3

This bilingual version (2003-06) replaces the English version.

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

| FDIS         | Report on voting |
|--------------|------------------|
| 86C/459/FDIS | 86C/483/RVD      |

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

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2008-12. At this date, the publication will be

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

## INTRODUCTION

Chaque abréviation introduite dans cette norme est expliquée dans le texte, au moins lors de sa première apparition. Cependant, pour une meilleure compréhension de l'ensemble, une liste de toutes les abréviations utilisées se trouve dans l'Annexe A.

## INTRODUCTION

Each abbreviation introduced in this International Standard is explained in the text at least the first time that it appears. However, for an easier understanding of the whole text, a list of all abbreviations used in this International Standard is given in Annex A.

## AMPLIFICATEURS OPTIQUES – MÉTHODES D'ESSAI –

### Partie 10-3: Paramètres à canaux multiples – Méthodes par sondage

#### 1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61290 s'applique aux amplificateurs à fibres optiques (AFO), actuellement disponibles sur le marché, qui utilisent des fibres actives dopées aux terres rares, comme décrit dans ce qui suit.

L'objet de cette norme internationale est d'établir des prescriptions uniformes en vue de mesures précises et fiables des paramètres de gain et de bruit à canaux multiples tels que définis dans CEI 61291-4.

Les méthodes d'essai décrites dans cette norme utilisent des sondes à petits signaux pour obtenir les paramètres de gain et de bruit à canaux multiples, alors qu'un ou plusieurs lasers fixent l'état de saturation de l'AFO. Ces méthodes sont classées comme *indirectes*, car il n'y a pas de source laser à chaque longueur d'onde du plan à canaux multiples. Les paramètres à canaux multiples sont estimés à partir des données de sonde. La CEI 61290-10-1 et la CEI 61290-10-2 présentent des méthodes d'essai pour mesurer les paramètres de bruit à l'aide de techniques d'impulsions. Ces méthodes sont *directes* parce que la source à canaux multiples nécessite un laser à chaque longueur d'onde pour laquelle il faut mesurer les paramètres à canaux multiples.

Les techniques de sondage présentent de nets avantages pour la mesure des caractéristiques de gain à canaux multiples parce qu'une simple configuration de la source peut donner des paramètres pour une large gamme de plans à canaux multiples. Soit un laser à petits signaux, soit une source de bruit à large bande sert de signal de sondage et des lasers seuls ou multiples sont utilisés pour installer l'état de saturation de l'AFO. La modulation des impulsions des sources de saturation peut en option être utilisées pour mesurer l'ESA aux longueurs d'ondes de saturation du laser ou près d'elles sans avoir l'effet de contamination d'une émission spontanée de la source. Si on n'utilise pas la modulation par impulsions, il faut que l'émission spontanée de la source soit mesurée, et son effet supprimé du résultat mesuré. Pour une source à canaux multiples avec forte émission spontanée ou avec une alimentation élevée en courant, la méthode de soustraction du bruit de la source peut conduire à une grande incertitude.

Les techniques de sondage décrites ici sont indirectes parce que les sources de laser ne sont pas nécessaires pour chaque fréquence de canal. Une erreur de mesure vient des effets non homogènes qui dépendent du dispositif en essai. La source principale de cette erreur est le marquage d'un trou spectral. ( Voir [1], [2] et [4])<sup>1</sup>.

La possibilité d'application de la modulation par impulsions du ou des signaux de saturation et la sélection de la rapidité de modulation dépendent des caractéristiques de l'amplificateur à fibres optiques, en particulier sa réponse temporelle. Elles peuvent être inadéquates pour des amplificateurs avec des circuits de commande active de niveau automatique (CNA) ou commande de gain automatique (AGC). Elles peuvent être aussi inadéquates pour les AFO dopés au praséodyme qui ont des temps de relaxation de gain beaucoup plus rapides que les modèles dopés à l'erbium. Pour les amplificateurs à fibre optique dopés à l'erbium (AFDE), l'imprécision due à la modulation est généralement petite. Voir la CEI 61290-10-2 concernant l'examen de l'imprécision due à la rapidité de la répétition des impulsions.

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

## OPTICAL AMPLIFIERS – TEST METHODS –

### Part 10-3: Multichannel parameters – Probe methods

#### 1 Scope and object

This part of IEC 61290 applies to commercially available optical fibre amplifiers (OFAs) using active fibres containing rare-earth dopants as described in the following.

The object of this international standard is to establish uniform requirements for accurate and reliable measurements of the multichannel gain and noise parameters as defined in IEC 61291-4.

The test methods described in this standard use small-signal probes to obtain the multichannel gain and noise parameters while one or more lasers set the saturation condition for the OFA. These methods are classified as *indirect* in that there is not a laser source at each wavelength of the multichannel plan. Multichannel parameters are estimated from the probe data. IEC 61290-10-1 and IEC 61290-10-2 are test methods for measuring noise parameters using pulse techniques. These methods are *direct* in that the multichannel source is required to have a laser at each wavelength for which multichannel parameters are to be measured.

Probe techniques provide clear advantages for measuring multichannel gain characteristics in that a simple source configuration can provide parameters for a wide range of multichannel plans. Either a small-signal laser or a broadband noise source serves as the probe signal, and single or multiple lasers are used to set the OFA saturation condition. Pulse modulation of the saturating sources may optionally be used to measure ASE at or near the saturating laser wavelengths without the contaminating effect of source spontaneous emission. If pulse modulation is not used, the source spontaneous emission must be measured, and its effect removed from the measured result. For a multichannel source with high spontaneous emission or at high total input power, the source noise subtraction method can lead to large uncertainty.

The probe techniques described herein are indirect in that laser sources are not required at each channel frequency. A measurement error results from inhomogeneous effects that are DUT dependent. The main source of this error is spectral hole burning (see [1]<sup>1</sup> [2] and [4]).

The applicability of pulse modulation of the saturating signal(s) and the selection of the modulation rate are dependent on the optical fibre amplifier's characteristics, specifically its time response. They may be unsuitable for amplifiers with active automatic level control (ALC) or automatic gain control (AGC) circuits. They may also be unsuitable for praseodymium-doped OFAs that have gain relaxation times that are much faster than erbium-doped designs. For erbium-doped fibre amplifiers (EDFAs), inaccuracy due to modulation is generally small. Refer to IEC 61290-10-2 for a discussion of inaccuracy due to pulse repetition rate.

---

<sup>1</sup> Numbers in brackets refer to the bibliography.

Afin de prédire les paramètres à canaux multiples par les méthodes de sondage, il est nécessaire de fixer correctement le niveau de sortie du signal ou des signaux de saturation afin de simuler l'effet de saturation d'un plan spécifié à canaux multiples. L'article 5 décrit une méthodologie pour l'exécuter en supposant que le comportement est homogène à l'intérieur d'une zone de longueurs d'ondes. Cette méthodologie est limitée parce que la dépendance de la longueur d'ondes d'un circuit de couplage de sortie quelconque depuis la fibre active à l'accès sortie est supposée être zéro dans des zones définies.

Les paramètres mesurés avec les méthodes décrites ici comprennent le gain par canal, le facteur de bruit d'un signal/émission spontanée par canal, et l'émission spontanée amplifiée (ESA).

Les valeurs comportant un astérisque(\*) indiquent des valeurs préliminaires. Les valeurs finales sont à l'étude.

## 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: *Amplificateurs à fibres optiques – Spécification de base – Partie 3: Méthodes d'essai des paramètres du facteur de bruit.*

CEI 61290-10-1: *Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai – Partie 10-1: Paramètres à canaux multiples – Méthode d'impulsion utilisant un interrupteur optique et un analyseur de spectre optique*

CEI 61290-10-2: *Amplificateurs optiques – Méthodes d'essai – Partie 10-2: Paramètres à canaux multiples – Méthode d'impulsion utilisant un analyseur de spectre optique stroboscopique*

CEI 61291-1: *Amplificateurs à fibres optiques – Partie 1: Spécification générique*

CEI 61291-4: *Amplificateurs optiques – Partie 4: Applications aux canaux multiples – Modèle de spécifications de fonctionnement*

## 3 Appareils

Les méthodes par sondage nécessitent deux sources. La première établit le niveau d'inversion (saturation) de l'amplificateur optique et consiste en un ou plusieurs lasers. La seconde source est la sonde à petits signaux et peut consister en un laser ou une source de bruit à large bande. Dans tous les cas, il faut prendre soin que la sonde ne fasse pas d'inversion de l'amplificateur. Le module de source laser peut être modulé par impulsions afin d'éteindre la source pour avoir un mesurage de bruit plus précis, comme décrit dans la CEI 61290-10-1 ou la CEI 61290-10-2. Pour les méthodes de sondage décrites ici, la modulation est en option.

Les méthodes par laser et par sondage du bruit peuvent toutes deux fournir une incertitude de mesure semblable. La méthode par sondage du bruit est généralement plus rapide et elle est donc préférée lorsque le rendement du mesurage est important.

In order to predict multichannel parameters by probe methods it is necessary to properly set the output level of the saturating signal(s) to simulate the saturation effect of a specified multichannel plan. Clause 5 describes a methodology to accomplish this under the assumption of homogeneous behavior within a wavelength region. This methodology has the limitation that the wavelength dependence of any output coupling circuit from the active fibre to the output port is assumed to be zero within defined regions.

Parameters measured with the methods described herein include channel gain, channel signal-spontaneous noise figure, and amplified spontaneous emission (ASE).

Values marked with(\*) indicate preliminary values. Final values are under study.

## 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, *Optical fibre amplifiers – Basic specification – Part 3: Test methods for noise figure parameters*

IEC 61290-10-1, *Optical amplifiers – Test methods – Part 10-1: Multichannel parameters – Pulse method using an optical switch and optical spectrum analyzer*

IEC 61290-10-2, *Optical amplifiers – Test methods – Part 10-2: Multichannel parameters – Pulse method using a gated optical spectrum analyzer*

IEC 61291-1, *Optical fibre amplifiers – Part 1: Generic specification*

IEC 61291-4, *Optical amplifiers – Part 4: Multichannel applications – Performance specification template*

## 3 Apparatus

The probe methods require two sources. The first establishes the inversion (saturation) level of the optical amplifier and consists of one or more lasers. The second source is the small-signal probe and may consist of a laser or broadband noise source. In either case, care must be taken that the probe does not effect amplifier inversion. The laser source module may be pulse modulated in order to extinguish the source for more-accurate noise measurement as described in IEC 61290-10-1 or IEC 61290-10-2. For the probe methods described herein, modulation is optional.

Both laser and noise probe methods can provide similar measurement uncertainty. The noise probe method is generally faster so is preferred when measurement throughput is important.

### 3.1 Méthode par sonde à laser

La Figure 1a est un schéma de la configuration de la sonde à laser. Le module de la source, tel que décrit en 3.3, peut consister en un ou plusieurs lasers. Les contrôleurs de polarisation en option suivant la source améliorent la précision en faisant la moyenne entre les dépendances de la polarisation du système et de l'amplificateur. Ils peuvent aussi être utilisés pour quantifier le gain en fonction de la polarisation (PDG) et du marquage de trou de polarisation (MTP) de l'AFO. Alors qu'un seul contrôleur de polarisation est montré à l'extérieur du module de la source, pour avoir la meilleure précision avec une source à canaux multiples, chaque canal nécessite qu'une moyenne soit faite de la polarisation pour éliminer l'incertitude due au marquage de trou spectral. L'interrupteur optique en option à la sortie du dispositif en essai (DEE) est là pour mettre en œuvre la technique d'impulsions avec interrupteur optique.

### 3.2 Méthode avec sonde pour bruit à large bande

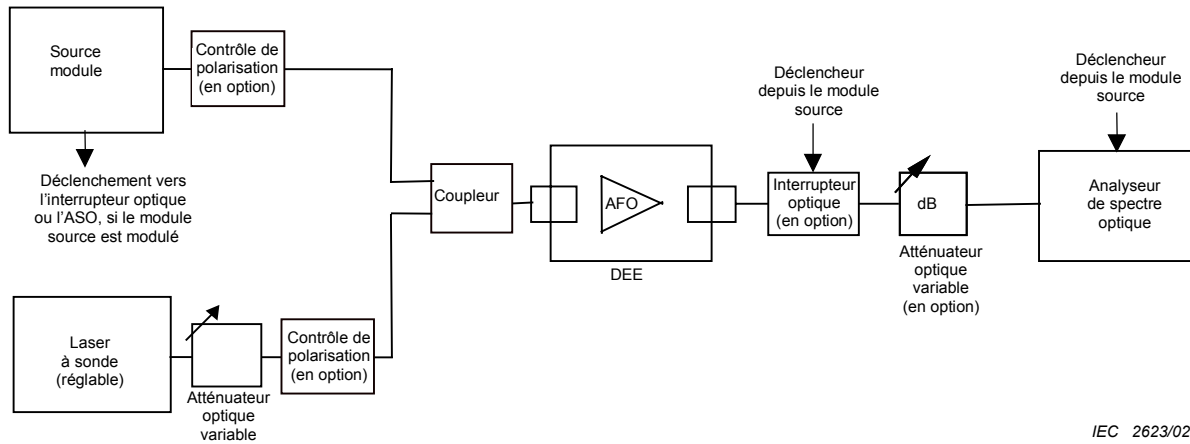
La Figure 1b est un schéma de la configuration de la sonde à bruit. Pour que la source à large bande ait une puissance totale en sortie suffisamment basse, il est nécessaire qu'elle soit modulée à un taux bas de répétition et un cycle bas de fonctionnement et que la mesure de l'ASO soit synchronisée avec les périodes MARCHE et ARRET de la sonde. Ceci est obtenu avec un signal de commande à partir de l'ASO.

### 3.1 Laser probe method

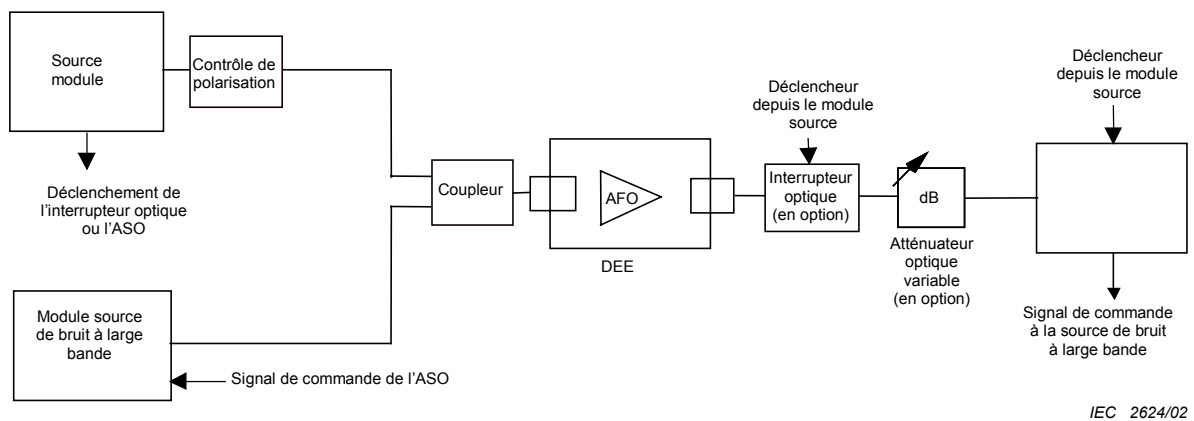
Figure 1(a) is a diagram of the laser probe configuration. The source module, as described in 3.3, may consist of a single or multiple lasers. Optional polarization controllers following the sources improve accuracy by averaging system and amplifier polarization dependencies. They also may be used to quantify the polarization dependent gain (PDG) and polarization hole burning (PHB) of the OFA. While a single polarization controller is shown external to the source module, for best accuracy with a multichannel source, each channel requires polarization averaging to eliminate uncertainty due to polarization hole burning. The optional optical switch at the output of the DUT is to implement the pulse technique with optical switching.

### 3.2 Broadband noise probe method

Figure 1(b) is a diagram of the noise probe configuration. In order for the broadband source to have sufficiently low total output power, it is necessary that it be modulated at a low repetition rate and a low duty cycle and that the OSA measurement be synchronized with the probe ON and OFF periods. This is accomplished with a control signal from the OSA.



**Figure 1a – Schéma-bloc de la méthode à sonde utilisant une source avec sonde à laser**



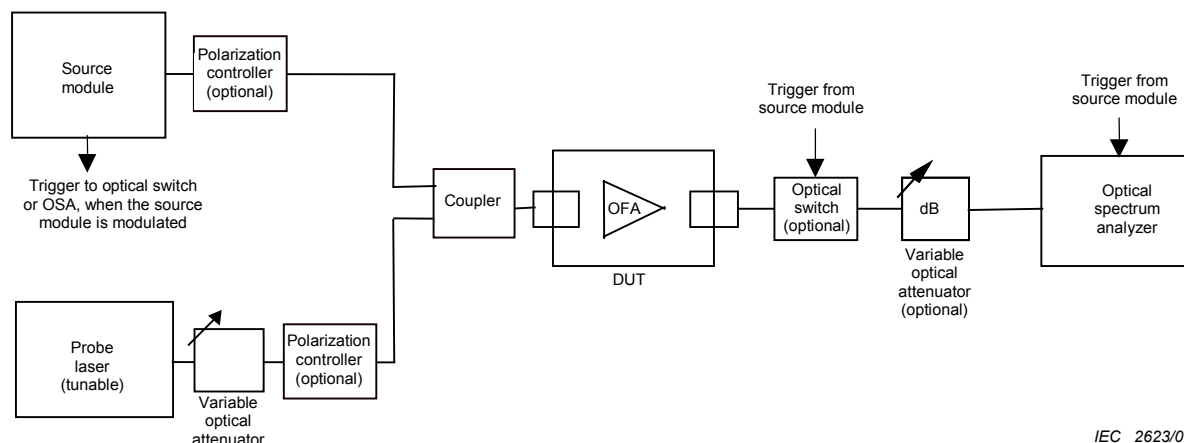
**Figure 1b – Schéma-bloc de la méthode à sonde utilisant une source avec sonde pour bruit à large bande**

**Figure 1 – Schémas-blocs des méthodes avec sonde**

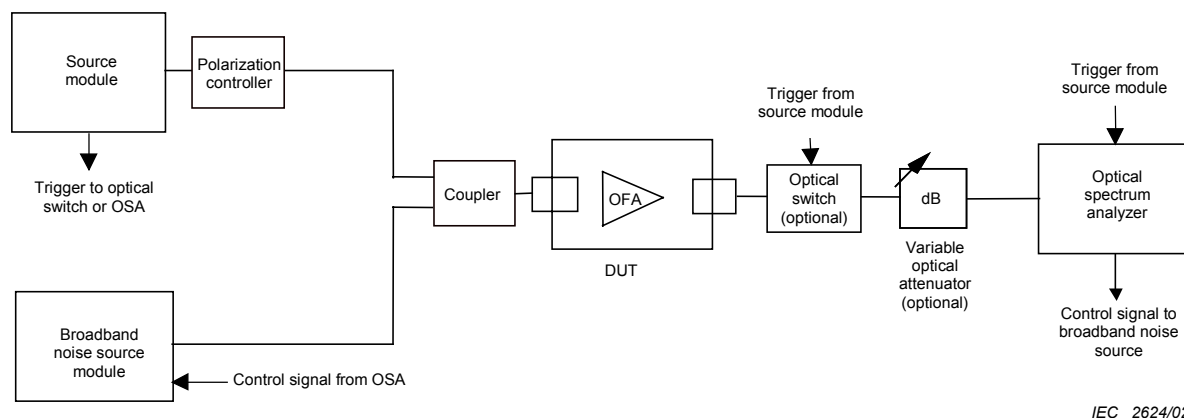
### 3.3 Description détaillée des appareils

#### 3.3.1 Module source

Si le module source est modulé, deux dispositions sont possibles comme illustré aux Figures 2a et 2b. Le module source (a) consiste en sources optiques OE avec un interrupteur optique et un ou des affaiblisseurs externes. Le module source (b) consiste en sources optiques et un ou des affaiblisseurs directement modulés. Bien qu'un seul affaiblisseur soit illustré, pour une source à canaux multiples, il est généralement nécessaire de fixer indépendamment la puissance de canal si bien qu'un affaiblisseur est nécessaire pour chaque canal. Bien que des sources modulées soient illustrées, cette procédure peut être mise en œuvre aussi avec des sources non modulées.



**Figure 1a – Block diagram for probe method using a laser probe source**



**Figure 1b – Block diagram for probe method using a broadband noise probe source**

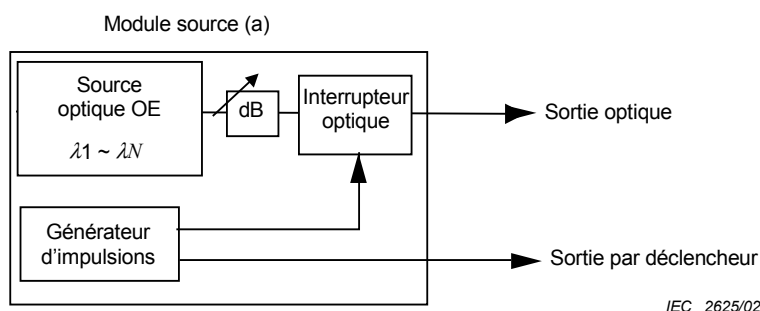
**Figure 1 – Block diagrams for probe methods**

### 3.3 Detailed description of apparatus

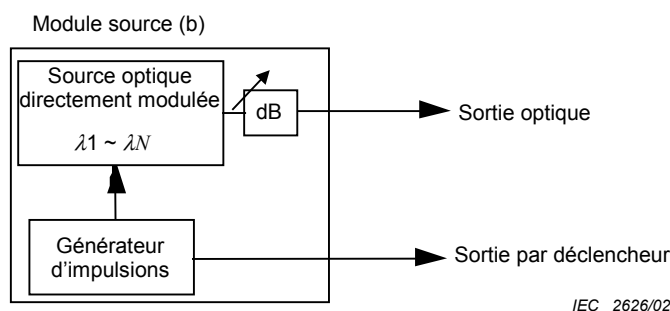
#### 3.3.1 Source module

When the source module is modulated, two arrangements are possible as shown in Figures 2a and 2b. Source module (a) consists of CW optical sources with an external optical switch and attenuator(s). Source module (b) consists of directly modulated optical sources and attenuator(s). While only one attenuator is shown, for the multichannel source it will usually be necessary to independently set channel power so that an attenuator is necessary for each channel. While modulated sources are shown, this procedure may be implemented with unmodulated sources as well.

Sauf spécification contraire, la pleine largeur à mi-hauteur (FWHM) du spectre en sortie des modules de source (a) et (b) doit être inférieure à 0,1 nm(\*) de manière à ne pas créer d'interférence avec les canaux voisins. Le rapport de suppression des modes latéraux du laser RR, du laser RBR ou du LCE doit être supérieur à 35 dB(\*). La variation de la puissance en sortie doit être inférieure à 0,05 dB(\*), ce qui est plus facile à obtenir avec un isolateur optique placé à l'ouverture de sortie de chaque source. La précision de la longueur d'onde doit être meilleure que  $\pm 0,1$  nm(\*) avec une stabilité meilleure que  $\pm 0,01$  nm(\*). Si la source est modulée par impulsions, il faut que le niveau de l'émission spontanée soit supérieur à 35 dB/nm(\*) en dessous de la puissance totale à l'entrée. Si la source n'est pas modulée par impulsions, il faut que le niveau de l'émission spontanée soit à plus de 43 dB/nm(\*) en dessous de la puissance totale à l'entrée pour une puissance totale à l'entrée de 0 dBm et plus de 48 dB/nm(\*) en dessous de la puissance totale à l'entrée pour une puissance totale à l'entrée de 5 dBm(\*).



**Figure 2a – Source optique modulée extérieurement**



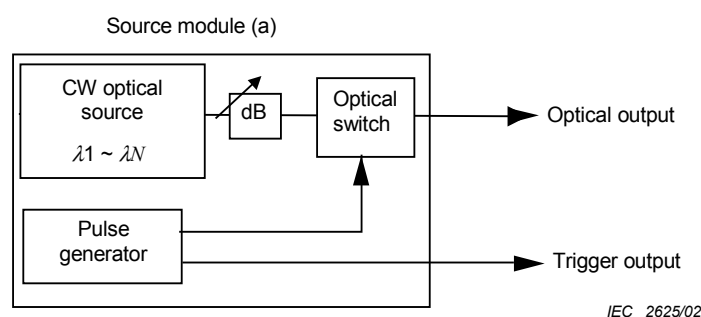
**Figure 2b – Source optique directement modulée**

**Figure 2 – Sources optiques modulées**

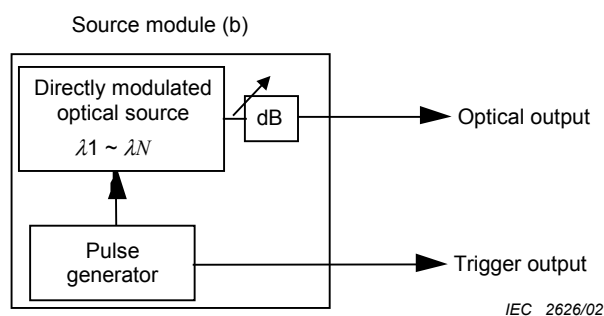
Pour une de ces dispositions du module source, le taux d'extinction doit être supérieur à 65 dB(\*). Pour la source MRL directement modulée; il convient de prendre soin d'assurer la synchronisation de la temporisation des lasers individuels. L'interrupteur optique dans la disposition de la Figure 2a est typiquement un dispositif acousto-optique afin d'obtenir le rapport d'extinction nécessaire.

Il faut que le générateur d'impulsions en combinaison avec la commande de modulateur fournisse des impulsions optiques avec un cycle opérationnel de 50 % et une fréquence de répétition convenant à l'AFO en essai. Typiquement, la fréquence de répétition sera entre 25 kHz et 1000 kHz. Les 10 % à 90 % de temps de déplacement vertical doivent être inférieurs à 10 % de la largeur des impulsions(\*). La puissance de sortie du déclencheur doit coïncider avec le bord de la mise sous tension des impulsions optiques, avec une précision de  $\pm 10$  %(\*) de la période des impulsions.

Unless otherwise specified, the full width at half maximum (FWHM) of the output spectrum of source modules (a) and (b) shall be narrower than 0,1 nm(\*) so as not to cause any interference to adjacent channels. The suppression ratio of the side modes of the DFB laser, the DBR laser or the ECL shall be higher than 35 dB(\*). The output power fluctuation shall be less than 0,05 dB(\*), which is more easily attainable with an optical isolator placed at the output port of each source. The wavelength accuracy shall be better than  $\pm 0,1$  nm(\*) with stability better than  $\pm 0,01$  nm(\*). If the source is pulse modulated, the spontaneous emission level must be more than 35 dB/nm(\*) below the total input power. If the source is not pulse modulated, the spontaneous emission level must be more than 43 dB/nm(\*) below the total input power for 0-dBm total input power and more than 48 dB/nm(\*) below total input power for 5-dBm total input power(\*).



**Figure 2a – Externally modulated optical source**



**Figure 2b – Directly modulated optical source**

**Figure 2 – Modulated optical sources**

For either arrangement of the source module, the extinction ratio shall be greater than 65 dB(\*). For the directly modulated wavelength division multiplexing (WDM) source, care should be taken to assure timing synchronization of the individual lasers. The optical switch in the arrangement of Figure 2a is typically an acousto-optic device in order to obtain the necessary extinction ratio.

The pulse generator in combination with the modulator driver must provide optical pulses with 50 % duty cycle and a repetition frequency suitable for the OFA being tested. Typically, the repetition frequency will be in the range from 25 kHz to 1 000 kHz. The 10 % to 90 % rise and fall times shall be less than 10 % of the pulse width(\*). The trigger output shall be coincident with the optical pulse turn-on edge with a precision of  $\pm 10$  %(\*) of the pulse period.

Si aucun affaiblisseur optique n'est construit dans le module source, il faut avoir une gamme d'affaiblissement supérieure à 40 dB(\*) et une stabilité supérieure à  $\pm 0,1$  dB. La gamme d'affaiblissement est spécifiée comme devant pouvoir ajuster la puissance à l'entrée sur une gamme nominale. La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à -40 dB(\*) à chaque ouverture d'accès.

### 3.3.2 Affaiblisseur optique variable

L'affaiblisseur optique variable devant l'ASO doit avoir une gamme d'affaiblissement et de stabilité supérieure à 20 dB(\*) et  $\pm 0,1$  dB respectivement. La valeur maximale d'affaiblissement de ce dispositif est déterminée par le courant maximal en sortie du DEE et la puissance d'entrée permise à l'ASO. La valeur de 20 dB permet un courant de sortie du DEE jusqu'à +30 dBm pour une ASO qui peut mesurer avec précision les signaux jusqu'à +10 dBm.

### 3.3.3 Analyseur de spectre optique

Ce dispositif doit avoir une sensibilité à la polarisation inférieure à  $\pm 0,05$  dB(\*), une stabilité supérieure à  $\pm 0,1$  dB(\*), une précision de la longueur d'onde supérieure à  $\pm 0,5$  nm(\*), et une reproductibilité de longueur d'onde supérieure à  $\pm 0,01$  nm (1 min)(\*). Il convient que la largeur de bande de la résolution soit étalonnée avec une précision supérieure à  $\pm 3$  %. Le dispositif doit avoir une gamme de mesure d'au moins -75 dBm à +10 dBm(\*) avec une largeur de bande de résolution de 0,1 nm(\*) ou moins. La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à -35 dB(\*) à son accès d'entrée. Si la technique d'impulsions utilisant l'ASO stroboscopique est mise en œuvre, l'ASO doit avoir une capacité d'échantillonnage de données (sélection par porte) basée sur un déclenchement extérieur avec retard ajustable. La résolution du retard de déclencheur doit être  $\leq 10$  %(\*) de la période des impulsions. Il faut que l'ASO soit aussi capable d'échantillonner au hasard, afin de mesurer la puissance moyenne sur la période des impulsions.

### 3.3.4 Appareil de mesure de la puissance (wattmètre) optique

Ce dispositif doit avoir une précision de mesure meilleure que  $\pm 0,2$  dB(\*), quel que soit l'état de la polarisation de lumière d'entrée, dans la bande opérationnelle de longueur d'onde de l'AFO. Il faut que sa gamme de puissance accepte la puissance de signal utilisée pour l'étalonnage de l'ASO en 5.2 et 5.3. Une valeur typique est de -10 dBm.

### 3.3.5 Connecteurs optiques

La répétabilité de la perte de connexion doit être supérieure à  $\pm 0,1$  dB(\*). La réflectance depuis ce dispositif doit être inférieure à -40 dB(\*).

### 3.3.6 Câbles de liaison à fibres optiques

Le diamètre de champ de mode des câbles de liaison à fibres optiques doit être aussi proche que possible de celui des fibres utilisées comme accès d'entrée et de sortie de l'AFO. La réflectance câbles de liaison à fibres optiques doit être inférieure à -40 dB(\*).

### 3.3.7 Contrôleur de polarisation

Ce dispositif doit pouvoir fournir la lumière de signal d'entrée dans tous les états possibles de la polarisation (par exemple linéaire, elliptique et circulaire). Par exemple, le contrôleur de polarisation pourra être un dispositif du type à fibres ou une plaque à quart de longueur d'onde orientable par au moins  $90^\circ$  et une plaque à demi onde orientable par au moins  $180^\circ$ . La variation de perte du contrôleur de polarisation doit être inférieure à 0,1 dB(\*). La réflectance par ce dispositif doit être inférieure à -40 dB(\*) à chaque port d'accès. Le contrôleur de polarisation doit fonctionner dans un mode aléatoire dans lequel la polarisation est automatiquement cryptée à grande vitesse.

If an optical attenuator is not built into the source module, it must have an attenuation range of greater than 40 dB(\*) and stability better than  $\pm 0,1$  dB. The attenuation range is specified to be able to adjust the input power over a nominal range. The reflectance from this device shall be smaller than  $-40$  dB(\*) at each port.

### **3.3.2 Variable optical attenuator**

The variable optical attenuator in front of the OSA shall have an attenuation range and stability of better than 20 dB(\*) and  $\pm 0,1$  dB respectively. The maximum attenuation value of this device is determined by the maximum output power from the DUT and the allowable input power to the OSA. The 20-dB value allows a DUT output power up to +30 dBm for an OSA that can accurately measure signals up to +10 dBm.

### **3.3.3 Optical spectrum analyzer**

This device shall have polarization sensitivity less than  $\pm 0,05$  dB(\*), stability better than  $\pm 0,1$  dB(\*), wavelength accuracy better than  $\pm 0,5$  nm(\*), and wavelength reproducibility better than  $\pm 0,01$  nm (1 min)(\*). Resolution bandwidth should be calibrated with an accuracy better than  $\pm 3$  %. The device shall have a measurement range at least from  $-75$  dBm to +10 dBm(\*) with a resolution bandwidth of 0,1 nm(\*) or less. The reflectance from this device shall be smaller than  $-35$  dB(\*) at its input port. If the pulse technique using the gated OSA is to be implemented, the OSA shall have a data sampling (gating) capability based on external triggering with adjustable delay. The trigger delay resolution shall be  $\leq 10$  %(\*) of the pulse period. The OSA must also have the ability to do random sampling in order to measure the average power over the pulse period.

### **3.3.4 Optical power meter**

This device shall have a measurement accuracy better than  $\pm 0,2$  dB(\*), irrespective of the state of the input light polarization, within the operational wavelength band of the OFA. Its power range must accommodate the signal power used for OSA calibration in 5.2 and 5.3. A typical value is  $-10$  dBm.

### **3.3.5 Optical connectors**

The connection loss repeatability shall be better than  $\pm 0,1$  dB(\*). The reflectance from this device shall be smaller than  $-40$  dB(\*).

### **3.3.6 Optical fibre jumpers**

The mode field diameter of the optical fibre jumpers shall be as close as possible to that of fibres used as input and output ports of the OFA. The reflectance from optical fibre jumpers shall be less than  $-40$  dB(\*).

### **3.3.7 Polarization controller**

This device shall be able to provide input signal light at all possible states of polarization (for example, linear, elliptical and circular). For example, the polarization controller may be an all-fibre-type device or a quarter-wave plate rotatable by a minimum of  $90^\circ$  and a half-wave plate rotatable by a minimum of  $180^\circ$ . The loss variation of the polarization controller shall be less than 0,1 dB(\*). The reflectance from this device shall be smaller than  $-40$  dB(\*) at each port. The polarization controller needs to operate in a randomizing mode in which the polarization automatically is scrambled at high rate.

### 3.3.8 Module de source de bruit à large bande

Ce dispositif fournit du bruit à large bande dans toute la bande de fonctionnement de l'AFO avec un niveau supérieur à  $-35 \text{ dBm/nm}^{(*)}$  et une stabilité meilleure que  $\pm 0,05 \text{ dB}$  en 6 h<sup>(\*)</sup>. La densité spectrale de la puissance doit être ajustable sur une gamme de 10 dB. Le degré de polarisation doit être inférieur à 10 %<sup>(\*)</sup>. Il nécessite l'aptitude à être modulé MARCHE/ARRET à une vitesse cohérente avec la modulation de la source par un signal extérieur de commande. La source à large bande pourrait être typiquement une DEL émettant sur bord (DELEB).

### 3.3.9 Coupleur

Ce dispositif doit avoir un rapport d'accouplement de  $3 \text{ dB} \pm 0,5 \text{ dB}$  et une réflectance à chaque port d'accès inférieure à  $-40 \text{ dB}$ .

### 3.3.10 Interrupteur optique

Ce dispositif doit avoir une sensibilité à la polarisation inférieure à  $\pm 0,1 \text{ dB}^{(*)}$ , une isolation statique meilleure que  $-65 \text{ dB}^{(*)}$ , un temps de transition,  $t_r$  et  $t_f$ , inférieur à 50 ns<sup>(\*)</sup>, et un retard de commutation inférieur à 2 ms<sup>(\*)</sup>. La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à  $-40 \text{ dB}^{(*)}$  à chaque ouverture d'accès. Voir la CEI 61290-10-1 pour y trouver la définition de l'isolation statique.

### 3.3.11 Laser de sonde

Ce dispositif doit être réglable sur toute la bande des longueurs d'onde du dispositif d'essai. La pleine largeur à mi-hauteur (FWHM) du spectre de sortie du laser de sonde doit être plus étroite que 0,1 nm<sup>(\*)</sup>. Le rapport de suppression des modes latéraux doit être au moins 30 dB<sup>(\*)</sup>. La fluctuation de la puissance en sortie doit être inférieure à 0,05 dB. La précision des longueurs d'onde doit être supérieure à  $\pm 0,1 \text{ nm}^{(*)}$  et la stabilité meilleure que  $\pm 0,01 \text{ nm}^{(*)}$ . Il faut que le niveau d'émission spontanée de la source soit à plus de 35 dB/nm<sup>(\*)</sup> en dessous du niveau du signal.

## 4 Echantillon d'essai

L'AFO doit fonctionner dans les conditions nominales de fonctionnement. Si l'AFO est susceptible de causer des oscillations du laser en raison de réflexions indésirables, il convient d'utiliser des isolateurs optiques pour limiter l'AFO en essai. Ceci minimisera l'instabilité du signal et l'incertitude des mesures lorsque le dispositif en essai n'a pas d'isolateurs internes. Cependant, la perte par insertion de ces isolateurs modifiera le chiffre du gain et du bruit de l'AFO.

Pour obtenir un résultat de mesure de l'état moyen de polarisation à l'entrée du dispositif, des contrôleurs de polarisation pourront être utilisés en mode aléatoire.

## 5 Procédure

### 5.1 Réglage de l'état de saturation

Le réglage du niveau de puissance d'un jeu réduit de lasers pour reproduire l'effet d'un grand jeu est basé sur le modèle homogène [3]. Comme illustré à la Figure 3, le spectre est divisé en régions. Les régions peuvent être inégales en largeur. Tous les signaux dans chaque région sont simulés par un plus grand signal dans chaque région. L'algorithme pour fixer la puissance de chaque source dans le jeu réduit est obtenu à partir de l'équation suivante basée sur une sortie constante de photons:

### 3.3.8 Broadband noise source module

This device supplies broadband noise across the OFA operating band with a level greater than  $-35$  dBm/nm(\*) and a stability better than  $\pm 0,05$  dB in 6 h (\*). The power spectral density shall be adjustable over a 10-dB range. The degree of polarization shall be less than 10 %(\*). It requires the capability to be ON/OFF modulated at a rate consistent with the source modulation by an external drive signal. The broadband source could typically be an edge-emitting LED (EELED).

### 3.3.9 Coupler

This device shall have a coupling ratio of  $3 \text{ dB} \pm 0,5 \text{ dB}$  and reflectance at each port  $< -40 \text{ dB}$ .

### 3.3.10 Optical switch

This device shall have a polarization sensitivity less than  $\pm 0,1 \text{ dB}$ (\*), static isolation better than  $-65 \text{ dB}$ (\*), transition time,  $t_r$  and  $t_f$ , less than  $50 \text{ ns}$ (\*), and switching delay time less than  $2 \text{ ms}$ (\*). The reflectance from this device shall be smaller than  $-40 \text{ dB}$ (\*) at each port. Refer to IEC 61290-10-1 for the definition of static isolation.

### 3.3.11 Probe laser

This device shall be tunable over the wavelength band of the test device. The full width at half maximum (FWHM) of the output spectrum of probe laser shall be narrower than  $0,1 \text{ nm}$ (\*). The suppression ratio of the side modes shall be at least  $30 \text{ dB}$ (\*). The output power fluctuation shall be less than  $0,05 \text{ dB}$ . The wavelength accuracy shall be better than  $\pm 0,1 \text{ nm}$ (\*) with stability better than  $\pm 0,01 \text{ nm}$ (\*). Source spontaneous emission level must be more than  $35 \text{ dB/nm}$ (\*) below the signal level.

## 4 Test sample

The OFA shall operate at nominal operating conditions. If the OFA is likely to cause laser oscillations due to unwanted reflections, optical isolators should be used to bracket the OFA under test. This will minimize the signal instability and the measurement uncertainty when the test device has no internal isolators. However, the insertion loss of these isolators will modify the gain and noise figure of the OFA.

To obtain a measurement result for the average state of polarization at the device input, polarization controllers can be used in a randomizing mode.

## 5 Procedure

### 5.1 Setting the saturation condition

Setting the power level of a reduced set of lasers to replicate the effect of a larger set is based upon the homogeneous model [3]. As shown in Figure 3, the spectrum is divided into regions. The regions may be unequal in width. All the signals within each region are simulated by one larger signal in each region. The algorithm to set the power of each source in the reduced set is obtained from the following equation based on constant photon output:

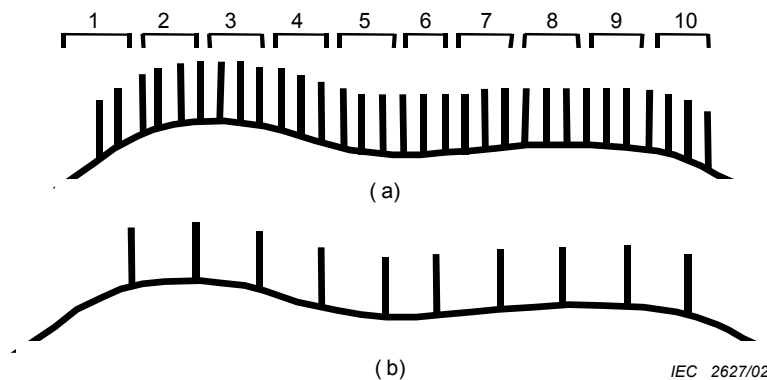
$$P_s = \frac{1}{\lambda_s G_s} \sum_i P_i G_i \lambda_i \quad (1)$$

$P_s$  et  $\lambda_s$  sont respectivement la puissance et la longueur d'onde d'un groupe de  $n$  canaux.  $G_s$  et  $G_n$  sont respectivement les gains (en unités linéaires) du signal simple saturant et des canaux multiples. Si le modèle homogène est valable, une longueur d'onde quelconque peut être utilisée pour le signal saturant à condition que sa puissance soit choisie selon l'équation (1). Cependant, si le marquage d'un trou spectral (MTS) joue un rôle, la longueur d'onde de saturation est d'environ une moyenne pondérée de l'ensemble des puissances très proches par canal:

$$\lambda_s = \sum_i \frac{P_i}{P_s} \lambda_i \quad (2)$$

Parce que  $G_s$  et  $G_n$  ne sont pas connus d'avance, cet algorithme nécessite une itération. Des expériences ont montré qu'il y a convergence dans deux itérations [1].

Une limitation de l'algorithme est que pour chaque région, il faut que la dépendance sur la longueur d'onde de la perte par insertion des circuits passifs après la fibre à erbium soit inférieure à 0,1 dB(\*).



**Figure 3 – Un jeu réduit de longueurs d'onde saturantes –  
(b) remplace le jeu complet (a) dans chaque région**

#### Procédure pas-à-pas pour régler le niveau de saturation

- 1) Diviser la gamme de fonctionnement en régions comme illustré à la Figure 3. Il n'est pas utile que les régions soient de largeur égale. La largeur de chaque région ne doit pas dépasser la largeur du trou de marquage spectral, qui est typiquement >3 nm au-dessus de 1540 nm. [1] [2]. Pour les amplificateurs à fibres optiques dopés à l'erbium (AFDE), la largeur du trou de marquage spectral est la plus étroite et la profondeur du trou la plus grande, entre 1520 nm et 1540 nm. Il convient de ne pas dépasser 1,6 nm. [4] pour la largeur des régions dans cette gamme de longueurs d'onde.
- 2) Au centre de chaque région, placer un laser de la source à canaux multiples.
- 3) Fixer la puissance du jeu réduit de lasers à la somme des puissances du jeu complet de canaux dans chaque région correspondante.
- 4) Exécuter la mesure décrite en 5.2 ou 5.3.

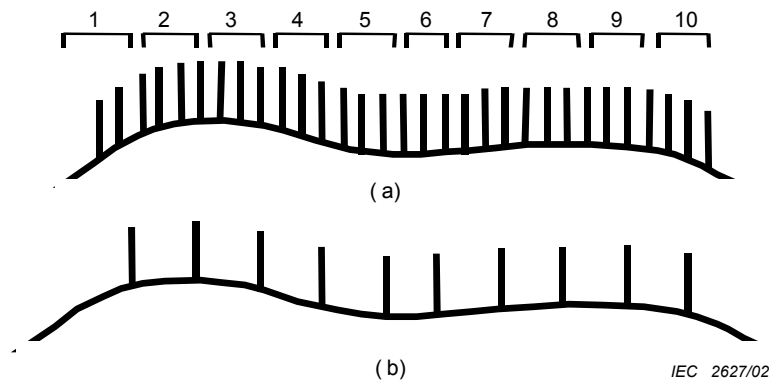
$$P_s = \frac{1}{\lambda_s G_s} \sum_i P_i G_i \lambda_i \quad (1)$$

$P_s$  and  $\lambda_s$  are the power and wavelength respectively for a group of  $n$  channels.  $G_s$  and  $G_n$  are the gains (linear units) for the single saturating signal and the multiple channels, respectively. To the extent that the homogeneous model is valid, any wavelength may be used for the saturating signal provided that its power is chosen according to equation(1). However, when spectral hole burning (SHB) plays a role, the saturation wavelength is approximated as a weighted average of the ensemble of closely spaced channel powers:

$$\lambda_s = \sum_i \frac{P_i}{P_s} \lambda_i \quad (2)$$

Because  $G_s$  and  $G_n$  are not known in advance, this algorithm requires iteration. Experiments have shown that convergence occurs in two iterations [1].

A limitation of the algorithm is that over each region, the wavelength dependence of the insertion loss of passive circuitry after the active fibre must be less than 0,1 dB(\*).



**Figure 3 – A reduced set of saturating wavelengths –  
(b) replaces the full set (a) in each region**

#### Step-by-step procedure for setting saturation level

- 1) Divide the operating range into regions as shown in Figure 3. The regions are not required to be equal in width. The width of each region shall not exceed the spectral hole width, typically >3 nm above 1 540 nm [1] [2]. For EDFAs, the spectral hole width is the narrowest and the hole depth the largest from 1 520 nm to 1 540 nm. The width of the regions in this wavelength range should not exceed 1,6 nm [4].
- 2) At the centre of each region place one laser of the multichannel source.
- 3) Set the power of the reduced set of lasers to the sum of the powers of the full set of channels in each corresponding region.
- 4) Perform the measurement described in clause 5.2 or 5.3.

- 5) Calculer le gain  $G_i\{1\}$  pour chaque longueur d'onde du jeu complet de canaux en utilisant 6.1 ou 6.2. C'est le résultat de la première itération.
- 6) Dans chaque région, calculer et fixer une nouvelle valeur de la puissance laser à l'aide de l'équation (1).
- 7) Répéter les étapes 4 et 5 pour obtenir les résultats de la seconde itération,  $G_i\{2\}$ .
- 8) Si  $|G_i\{2\} - G_i\{1\}| < 0,1$  dB, terminer la procédure. Si  $|G_i\{2\} - G_i\{1\}| > 0,1$  dB, répéter les étapes 6 et 7 jusqu'à ce que  $|G_i\{n+1\} - G_i\{n\}| < 0,1$  dB.

## 5.2 Méthode par sonde à laser

Si des sources modulées sont utilisées, régler la temporisation de la modulation comme décrit dans la CEI 61290-10-1 ou bien la CEI 61290-10-2. Fixer la largeur de bande de résolution de l'ASO à une valeur suffisamment étroite pour résoudre les canaux du jeu réduit et le bruit entre les canaux du jeu réduit.

- 1) Etalonner l'échelle de puissance d'ASO en connectant d'abord la source directement au wattmètre et en faisant une lecture de la valeur. Ensuite, connecter la source de l'ASO et étalonner l'amplitude de la valeur de l'ASO pour correspondre à la valeur au wattmètre. Pour les sources ayant un niveau élevé d'émissions spontanées (suppression des bandes latérales de 40 dB ou moins), une correction supplémentaire est nécessaire.
- 2) L'AFO étant contourné, fixer le niveau moyen de la puissance du module source et sa longueur d'onde aux valeurs obtenues en 5.1 à l'entrée de l'AFO.
- 3) L'AFO étant contourné et le laser à sonde éteint, mesurer le spectre sur l'ASO sur la gamme de longueurs d'onde intéressante. C'est le spectre du module source, y compris l'émission spontanée. Appeler ce groupement de données  $S(\lambda)$ .

NOTE L'étape 3 n'est pas nécessaire avec une source modulée. Fixer  $S(\lambda) = 0$ .

- 4) L'AFO étant contourné, fixer la puissance nominale du laser à sonde à un niveau de 25 dB(\*) en dessous de la puissance totale du module source. Fixer le laser à sonde à la longueur d'onde de chaque canal et mesurer sa puissance sur l'ASO. Appeler ce groupement de données  $P_n(\lambda_i)$ .
- 5) Connecter l'AFO. Le laser à sonde étant éteint, mesurer le spectre de sortie de l'AFO sur l'ASO. Si une source modulée est utilisée, cette mesure est faite pendant la période dans laquelle la source est en ARRÊT. Appeler ce groupement de données  $N(\lambda)$ .
- 6) Mettre sous tension le laser à sonde et le fixer aux mêmes longueurs d'onde qu'à l'étape 4. Mesurer sa puissance sur l'ASO. Appeler ce groupement de données  $P_{out}(\lambda_i)$ .

## 5.3 Méthode avec sonde pour bruit à large bande

Les instruments sont réglés pour donner la temporisation montrée à la Figure 4. Les valeurs particulières montrées concernent une vitesse de modulation de la source optique de 25 kHz. Pour des taux différents de modulation, les valeurs sont ajustées en proportion. L'ASO est réglé pour mesurer le bruit dans le milieu du temps d'arrêt du laser modulé. La raison en est d'échantillonner l'ESA lorsque la valeur est à la moyenne de l'ESA définie par la puissance moyenne de la source laser. La source à large bande est modulée en dessous du rapport cyclique ou à 25 % de ce cycle pour assurer qu'il s'agit d'un «petit signal» par comparaison au signal provenant de la source optique. De plus, le module de la source de bruit à large bande est ajusté de manière à ce que sa puissance totale soit 20 dB(\*) en dessous de celle du module de source. Le contrôleur de polarisation est fixé pour rendre aléatoire la

- 5) Calculate gain  $G_i\{1\}$  at each wavelength of the full set of channels by using 6.1 or 6.2. This is the result for the first iteration.
- 6) In each region calculate and set a new value for the laser power using equation (1).
- 7) Repeat step 4 and step 5 to obtain results for the second iteration,  $G_i\{2\}$ .
- 8) If  $|G_i\{2\} - G_i\{1\}| < 0,1$  dB, end routine. If  $|G_i\{2\} - G_i\{1\}| > 0,1$  dB, repeat steps 6 and 7 until  $|G_i\{n+1\} - G_i\{n\}| < 0,1$  dB.

## 5.2 Laser probe method

If modulated sources are used, set up the modulation timing as described in either IEC 61290-10-1 or IEC 61290-10-2. Set the resolution bandwidth of the OSA to a value sufficiently narrow to resolve the channels of the reduced set and the noise between the channels of the reduced set.

- 1) Calibrate the OSA power scale by first connecting the source directly to the power meter and taking a reading. Next, connect the source to the OSA and calibrate the OSA amplitude reading to match the power meter reading. For sources with a high spontaneous emission level (sideband suppression of 40 dB or less) an additional correction is required.
- 2) With the OFA bypassed, set the source module's average power level and wavelength to the values obtained in 5.1 at the input of the OFA.
- 3) With the OFA bypassed and the probe laser turned off, measure the spectrum on the OSA over the wavelength range of interest. This is the source module spectrum including the spontaneous emission. Call this data array  $S(\lambda)$ .

NOTE Step 3 is not required with a modulated source. Set  $S(\lambda) = 0$ .

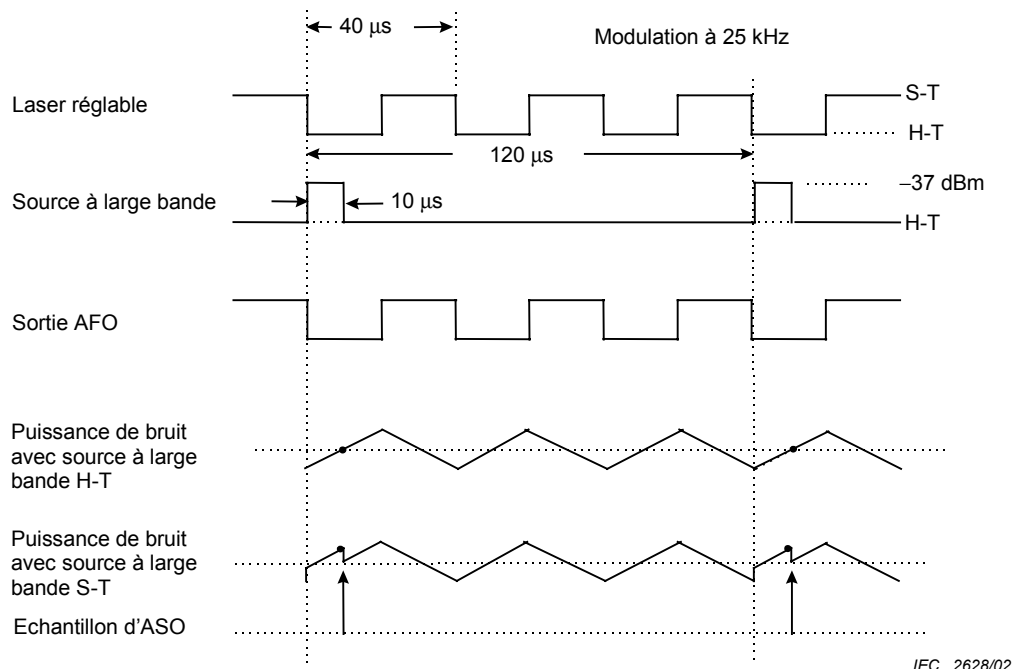
- 4) With the OFA bypassed, set the probe laser nominal power to a level 25 dB(\*) below the total source module power. Set the probe laser at each channel wavelength and measure its power on the OSA. Call this data array  $P_n(\lambda_i)$ .
- 5) Connect the OFA. With the probe laser turned off, measure the OFA output spectrum on the OSA. If a modulated source is used, this measurement is made during the time period when the source is OFF. Call this data array  $N(\lambda)$ .
- 6) Turn on the probe laser and set it to the same wavelengths as in step 4. Measure its power on the OSA. Call this data array  $P_{out}(\lambda_i)$ .

## 5.3 Broadband noise probe method

The instrumentation is set up to provide the timing as shown in Figure 4. The particular values shown are for an optical source modulation rate of 25 kHz. For different modulation rates, the values are adjusted proportionally. The OSA is set up to measure the noise in the middle of the "off" time of the modulated laser. The reason for this is to sample the ASE when the value is at the average ASE as defined by the average power of the laser source. The broadband source is modulated below or at 25 % duty cycle to assure that it is a "small-signal" compared to the signal from the optical source. In addition, the broadband noise source module is adjusted such that its total power is 20 dB(\*) below that of the source module.

polarisation au taux le plus haut possible si les mesures de la moyenne de polarisation doivent être exécutés. Fixer la largeur de bande de résolution de l'ASO à une valeur suffisamment étroite pour résoudre les canaux du jeu réduit et le bruit entre les canaux du jeu réduit.

- 1) Etalonner l'échelle de puissance de l'ASO en connectant d'abord la source directement au wattmètre et en relevant la valeur. Ensuite, connecter la source de l'ASO et étalonner l'amplitude de l'ASO pour correspondre à la valeur du wattmètre. Pour les sources ayant un niveau élevé d'émissions spontanées (suppression des bandes latérales de 40 dB ou moins), une correction supplémentaire est nécessaire.
  - 2) L'AFO étant contourné, mesurer le spectre de la source à large bande sur l'ASO. Le module de source est arrêté. Appeler ce groupement  $N_p(\lambda)$ .
  - 3) L'AFO étant contourné, et la source à sonde à large bande étant hors tension, mesurer le spectre sur l'ASO sur la gamme de longueurs d'onde concernée. C'est le spectre du module de source y compris l'émission spontanée. Appeler ce groupement de données  $S(\lambda)$
- NOTE L'étape 3 n'est pas nécessaire avec une source modulée. Fixer  $S(\lambda) = 0$
- 4) Connecter l'AFO et fixer le niveau moyen de puissance du module de source ainsi que les longueurs d'onde aux valeurs obtenues en 5.1 à l'entrée de l'AFO.
  - 5) Fixer la fonction d'ouverture de temps de l'ASO pour mesurer le spectre de sortie de l'AFO lorsque la source à large bande est sur MARCHE. Appeler ce groupement  $N_2(\lambda)$ .
  - 6) Fixer l'ouverture de l'ASO pour mesurer le spectre de sortie de l'AFO lorsque la source à large bande est sur ARRET. Appeler ce groupement  $N_1(\lambda)$ .



NOTE Un taux de modulation de 25 kHz n'est donné qu'à titre d'exemple.

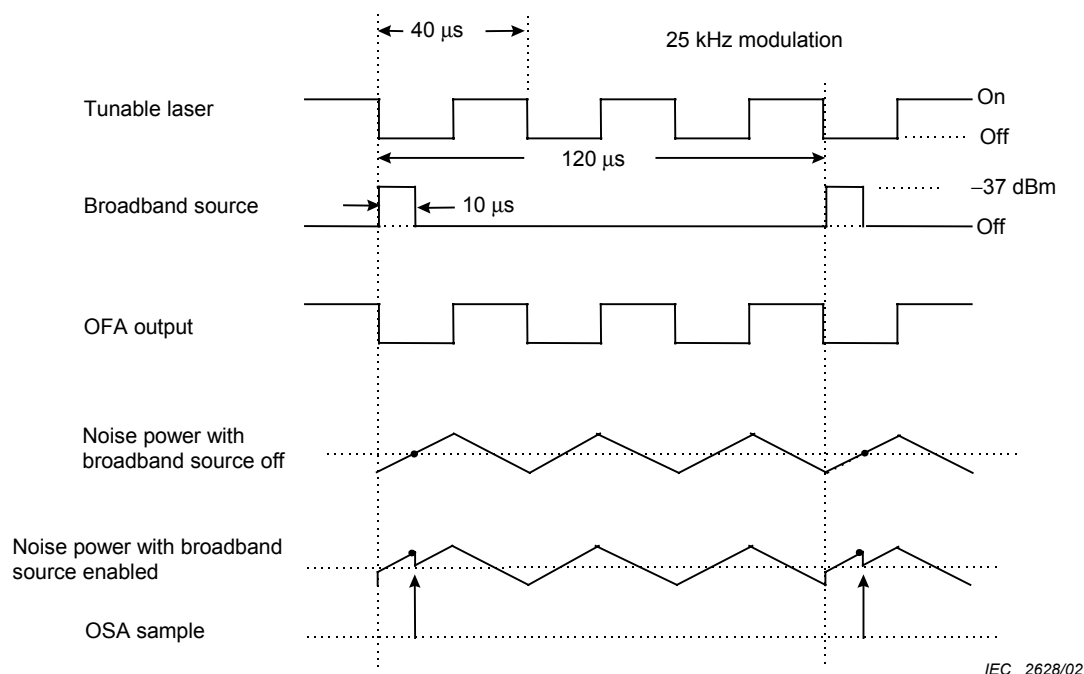
**Figure 4 – Temporisation type de la méthode avec sonde à bruit à large bande**

The polarization controller is set to randomize the polarization at the highest rate possible if polarization-averaged measurements are to be performed. Set the resolution bandwidth of the OSA to a value sufficiently narrow to resolve the channels of the reduced set and the noise between the channels of the reduced set.

- 1) Calibrate the OSA power scale by first connecting the source directly to the power meter and taking a reading. Next, connect the source to the OSA and calibrate the OSA amplitude reading to match the power meter reading. For sources with a high spontaneous emission level (sideband suppression of 40 dB or less) an additional correction is required.
- 2) With the OFA bypassed, measure the broadband source spectrum on the OSA. The source module is turned off. Call this array  $N_p(\lambda)$ .
- 3) With the OFA bypassed and the broadband probe source turned off, measure the spectrum on the OSA over the wavelength range of interest. This is the source module spectrum including the spontaneous emission. Call this data array,  $S(\lambda)$ .

NOTE Step 3 is not required with a modulated source. Set  $S(\lambda) = 0$ .

- 4) Connect the OFA and set the source module's average power level and wavelengths to the values obtained in 5.1 at the input of the OFA.
- 5) Set the OSA time gating function to measure the OFA output spectrum when the broadband source is gated ON. Call this array  $N_2(\lambda)$ .
- 6) Set the OSA gating to measure the OFA output spectrum when the broadband source is gated OFF. Call this array  $N_1(\lambda)$ .



NOTE A 25-kHz modulation rate is shown only as an example.

**Figure 4 – Typical timing for broadband noise probe method**

## 6 Calculs

### 6.1 Méthode par sonde à laser

Les mesurages faits en 5.1 sont:

- Spectre de la source laser saturante,  $S(\lambda)$  W
- Puissance d'entrée de la sonde,  $P_{in}(\lambda_i)$   $i = 1..n$  W
- Spectre de sortie,  $N(\lambda)$  W
- Puissance de sortie de la sonde,  $P_{out}(\lambda_i)$   $i = 1..n$  W

NOTE Le spectre de sortie,  $N(\lambda)$  est un composé du signal et du bruit venant du DEE.

- 1) Choisir un décalage de l'interpolation,  $\Delta\lambda$ , égal ou inférieur à l'espacement des canaux des modules de source. Calculer le bruit de la source,  $N^{source}(\lambda)$  en interpolant  $S(\lambda)$  à  $\pm\Delta\lambda$  autour de chaque longueur d'onde de source. Utiliser un algorithme adéquat correspondant à la courbe.
- 2) De même, calculer le bruit en sortie,  $N^{output}(\lambda)$  en interpolant  $N(\lambda)$ .
- 3) Calculer le gain de la sonde pour chaque canal, en soustrayant les apports de bruit à l'entrée et à la sortie.

$$G^{linear}(\lambda_i) = \frac{P_o(\lambda_i) - N^{output}(\lambda_i)}{P_i(\lambda_i) - N^{source}(\lambda_i)} \quad (3)$$

- 4) Calculer le gain de la sonde en dB.

$$G(\lambda_i) = 10 \log G^{linear}(\lambda_i) \quad (4)$$

- 5) Calculer  $N_{ESA}$  en soustrayant le gain x fois le bruit de la source.

$$N_{ASE}(\lambda_i) = N^{output}(\lambda_i) - G^{linear}(\lambda_i)S(\lambda_i) \quad (5)$$

NOTE Si une modulation est utilisée,  $S(\lambda) = 0$ .

- 6) Calculer le coefficient de bruit du signal spontané.

$$F(\lambda_i) = \frac{N_{ASE}}{G^{linear}(\lambda_i)h\nu B_{RBW}} \quad (6)$$

où

$h$  = Constante de Planck,  $Ws^2$

$\nu$  = fréquence du signal, Hz

$B_{RBW}$  = Largeur de bande de la résolution de ASO, Hz

## 6 Calculations

### 6.1 Laser probe method

Measurements made in section 5.1 are as follows.

- Saturating laser source spectrum,  $S(\lambda)$  W
- Probe input power,  $P_{in}(\lambda_i)$   $i = 1 \dots n$  W
- Output spectrum,  $N(\lambda)$  W
- Probe output power,  $P_{out}(\lambda_i)$   $i = 1 \dots n$  W

NOTE The output spectrum,  $N(\lambda)$  is a composite of signal and noise from the DUT.

- 1) Choose an interpolation offset,  $\Delta\lambda$ , equal to or less than the source modules channel spacing. Calculate the source noise,  $N^{source}(\lambda)$  by interpolating  $S(\lambda)$  at  $\pm \Delta\lambda$  around each source wavelength. Use a suitable curve-fitting algorithm.
- 2) Similarly, calculate the output noise,  $N^{output}(\lambda)$  by interpolating  $N(\lambda)$ .
- 3) Calculate probe gain at each channel, subtracting out noise contributions at both the input and output.

$$G^{linear}(\lambda_i) = \frac{P_o(\lambda_i) - N^{output}(\lambda_i)}{P_i(\lambda_i) - N^{source}(\lambda_i)} \quad (3)$$

- 4) Calculate the probe gain in dB.

$$G(\lambda_i) = 10 \log G^{linear}(\lambda_i) \quad (4)$$

- 5) Calculate  $N_{ASE}$  by subtracting the gain times the source noise.

$$N_{ASE}(\lambda_i) = N^{output}(\lambda_i) - G^{linear}(\lambda_i)S(\lambda_i) \quad (5)$$

NOTE If modulation is used,  $S(\lambda) = 0$ .

- 6) Calculate signal-spontaneous noise factor.

$$F(\lambda_i) = \frac{N_{ASE}}{G^{linear}(\lambda_i)h\nu B_{RBW}} \quad (6)$$

where

$h$  = Planck's constant,  $Ws^2$

$\nu$  = signal frequency, Hz

$B_{RBW}$  = OSA resolution bandwidth, Hz

7) Calculer le facteur de bruit du signal/émission spontanée.

$$NF(\lambda_i) = 10 \log F(\lambda_i) \quad (7)$$

8) Calculer le gain par canal et le facteur de bruit par canal, en évaluant  $G(\lambda)$  et  $NF(\lambda)$  pour la longueur d'onde de chaque canal.

NOTE Si aucune modulation des impulsions n'est utilisée, les régions et celles immédiatement voisines des signaux saturants auront des données invalides en raison des interférences venant des lasers saturants. Il est nécessaire d'éliminer les données invalides et d'interpoler pour obtenir ces valeurs. La largeur de ces régions est déterminée par la gamme dynamique de l'ASO et la valeur mesurée de l'ESA. Avec la modulation des impulsions, il peut être aussi nécessaire d'interpoler, en raison d'une extinction imparfaite de la sélection par porte électrique des MOA et ASO.

## 6.2 Méthode par source à large bande

Les mesures faites en 5.2 sont:

- Spectre du bruit de la sonde, module source, HT(hors tension)  $N_p(\lambda)$  W
- Spectre de source à laser saturante,  $S(\lambda)$  W
- Spectre de sortie avec sonde à bruit HT,  $N_1(\lambda)$  W
- Spectre de sortie avec sonde à bruit ST (sous tension),  $N_2(\lambda)$  W

1) Calculer le gain de la sonde.

$$G^{\text{linear}}(\lambda) = \frac{N_2(\lambda) - N_1(\lambda)}{N_p(\lambda)} \quad (8)$$

2) Calculer le gain de la sonde en dB.

$$G(\lambda) = 10 \log G^{\text{linear}}(\lambda) \quad (9)$$

3) Calculer ESA en soustrayant le gain x fois le bruit de la source.

$$N_{\text{ASE}}(\lambda) = N^{\text{output}}(\lambda) - G^{\text{linear}}(\lambda)S(\lambda) \quad (10)$$

NOTE Si une modulation est utilisée,  $S(\lambda) = 0$ .

4) Calculer le facteur de bruit linéaire signal/émission spontanée.

$$F(\lambda) = \frac{N_{\text{ASE}}(\lambda)}{G^{\text{linear}}(\lambda)h\nu B_{\text{RBW}}} \quad (11)$$

5) Calculer le facteur de bruit signal/émission spontanée.

$$NF(\lambda) = 10 \log F(\lambda) \quad (12)$$

6) Calculer le gain par canal, et le facteur de bruit par canal,  $NF(\lambda_i)$  en évaluant  $G(\lambda)$  et  $NF(\lambda)$  pour chaque longueur d'onde de canal.

NOTE Les régions et celles immédiatement voisines des signaux saturants peuvent avoir des données invalides en raison des traversées venant des lasers saturants. Il est nécessaire d'éliminer les données invalides et d'interpoler pour obtenir ces valeurs. La largeur de ces régions est déterminée par la gamme dynamique de l'ASO et la valeur de l'ESA mesuré. La traversée des signaux résulte d'une extinction imparfaite venant de la sélection par porte électrique des MOA ou ASO. Il peut être nécessaire d'interpoler pour obtenir ces valeurs.

7) Calculate signal-spontaneous noise figure.

$$NF(\lambda_i) = 10 \log F(\lambda_i) \quad (7)$$

8) Calculate channel gain and channel noise figure by evaluating  $G(\lambda)$  and  $NF(\lambda)$  at each channel wavelength.

NOTE If pulse modulation is not used, the regions at and immediately adjacent to the saturating signals will have invalid data due to interference from the saturating lasers. It is necessary to eliminate the invalid data and interpolate to obtain these values. The width of these regions is determined by the OSA's dynamic range and the value of measured ASE. With pulse modulation, interpolation may also be necessary due to imperfect extinction from the AOM or OSA electrical gating.

## 6.2 Broadband source method

Measurements made in 5.2 are as follows.

- Noise probe spectrum, source module OFF,  $N_p(\lambda)$  W
- Saturating laser source spectrum,  $S(\lambda)$  W
- Output spectrum with noise probe OFF,  $N_1(\lambda)$  W
- Output spectrum with noise probe ON,  $N_2(\lambda)$  W

1) Calculate the probe gain.

$$G^{\text{linear}}(\lambda) = \frac{N_2(\lambda) - N_1(\lambda)}{N_p(\lambda)} \quad (8)$$

2) Calculate the probe gain in dB.

$$G(\lambda) = 10 \log G^{\text{linear}}(\lambda) \quad (9)$$

3) Calculate ASE by subtracting gain times the source noise.

$$N_{\text{ASE}}(\lambda) = N^{\text{output}}(\lambda) - G^{\text{linear}}(\lambda)S(\lambda) \quad (10)$$

NOTE If modulation is used,  $S(\lambda) = 0$ .

4) Calculate signal spontaneous noise factor.

$$F(\lambda) = \frac{N_{\text{ASE}}(\lambda)}{G^{\text{linear}}(\lambda)h\nu B_{\text{RBW}}} \quad (11)$$

5) Calculate the signal-spontaneous noise figure.

$$NF(\lambda) = 10 \log F(\lambda) \quad (12)$$

6) Calculate channel gain, and channel noise figure,  $NF(\lambda_i)$  by evaluating  $G(\lambda)$  and  $NF(\lambda)$  at each channel wavelength.

NOTE The regions at and immediately adjacent to the saturating signals may have invalid data due to feedthrough from the saturating lasers. It is necessary to eliminate the invalid data and interpolate to obtain these values. The width of these regions is determined by the OSA's dynamic range and the value of measured ASE. Signal feedthrough results from imperfect extinction from the AOM or OSA electrical gating. It may be necessary to interpolate to obtain these values.

## 7 Résultats des essais

Les détails suivants doivent être présentés pour chaque canal:

- Trait spectral (FWHM) de la source optique saturante
- Longueurs d'onde des signaux à laser saturants:  $\lambda_s$
- Niveaux de puissance des signaux saturants,  $P_s$
- Largeur de bande optique de l'ASO:  $B_{RBW}$
- Indication de la puissance de la pompe optique (si applicable)
- Température ambiante
- Taux de répétition des impulsions de la source saturante (si on utilise une modulation)
- Niveaux de puissance d'entrée pour chaque canal
- Décalage des longueurs d'onde pour l'interpolation,  $\Delta\lambda$
- Gain du canal pour chaque canal spécifié,  $G(\lambda_i)$ .
- Puissance de l'ESA par rapport à la longueur d'onde:  $N_{ASE}(\lambda)$
- Facteur de bruit signal/émission spontanée par canal, pour chaque voie spécifiée,  $NF(\lambda_i)$ .

## 7 Test results

The following details shall be presented for each channel:

- Spectral linewidth(FWHM) of the saturating optical source
- Saturating laser signal wavelengths:  $\lambda_s$
- Saturating signal power levels,  $P_s$
- OSA optical bandwidth:  $B_{RBW}$
- Indication of the optical pump power (if applicable)
- Ambient temperature
- Pulse repetition rate of the saturating source (if modulation employed)
- Input power levels for each channel
- Wavelength offset for interpolation,  $\Delta\lambda$
- Channel gain at each specified channel,  $G(\lambda_i)$ .
- ASE power versus wavelength:  $N_{ASE}(\lambda)$
- Channel signal-spontaneous noise figure at each specified channel,  $NF(\lambda_i)$

**Annexe A**  
(informative)

**Liste des abréviations**

|       |                                               |
|-------|-----------------------------------------------|
| CGA   | Commande de gain automatique                  |
| CNA   | Commande de niveau automatique                |
| ESA   | Emission spontanée amplifiée                  |
| RBR   | Réflecteur de Bragg réparti (diode laser)     |
| RR    | (diode laser) à rétroaction répartie          |
| LCE   | (diode) laser à cavité externe                |
| DELEB | DEL émettant sur bord                         |
| FWHM  | Pleine largeur à mi-hauteur                   |
| DEL   | Diode électroluminescente                     |
| AFO   | Amplificateur à fibres optiques               |
| ASO   | Analyseur de spectre optique                  |
| MTP   | Marquage de trou de polarisation              |
| MTS   | Marquage de trou spectral                     |
| MRL   | Multiplexage à répartition en longueur d'onde |

## **Annex A**

(informative)

### **List of abbreviations**

|       |                                           |
|-------|-------------------------------------------|
| AGC   | Automatic gain control                    |
| ALC   | Automatic level control                   |
| ASE   | Amplified spontaneous emission            |
| DBR   | Distributed Bragg reflector (laser diode) |
| DFB   | Distributed feed-back (laser diode)       |
| ECL   | External cavity laser (diode)             |
| EELED | Edge-emitting LED                         |
| FWHM  | Full width at half maximum                |
| LED   | Light emitting diode                      |
| OFA   | Optical fibre amplifier                   |
| OSA   | Optical spectrum analyzer                 |
| PHB   | Polarization hole burning                 |
| SHB   | Spectral hole burning                     |
| WDM   | Wavelength division multiplexing          |

**Annexe B**  
(informative)

**Brevets concernés**

Les deux brevets suivants concernant cette méthode d'essai ont été identifiés:

**B.1 Numéro de brevet: U.S. 5.340.979**

Date du brevet: 23 août 1994

Titre: Technique pour la détermination du bruit d'émission spontané amplifié d'un circuit optique en présence d'un signal optique.

Inventeurs: Douglas M. Baney, John J. Dupre, Hewlett-Packard Company, Palo Alto, CA

Date de dépôt: 25 septembre 1992

**B.2 Numéro de brevet: U.S. 5.521.751**

Date du brevet: 26 mai 1996

Titre: Mesurage du bruit pour amplificateurs optiques et système pour cela

Inventeurs: Aida; Kazuo (Yokohama, JP); Sato; Yoshiaki (Chiba, JP)

Date de dépôt: 13 février 1995

## **Annex B** (informative)

### **Relevant patents**

The following two patents relating to this test method have been identified:

#### **B.1 Patent number: U.S. 5,340,979**

Date of patent: August 23, 1994

Title: *Technique for determining the amplified spontaneous emission noise of an optical circuit in the presence of an optical signal*

Inventors: Douglas M. Baney, John J. Dupre, Hewlett-Packard Company, Palo Alto, CA

Date filed: September 25, 1992

#### **B.2 Patent Number: U.S. 5,521,751**

Date of patent: May 28, 1996

Title: *A noise measurement for optical amplifiers and a system therefor*

Inventors: Aida; Kazuo (Yokohama, JP); Sato; Yoshiaki (Chiba, JP)

Date filed: February 13, 1995

## Bibliographie

- [1] I. Joindot, F. Dupre, "Spectral hole burning in silica-based and in fluoride-based optical fibre amplifiers," *Electron Letters*, vol. 33, pages. 1239-1240, 1997.
- [2] E. Rudkevich, J. Stimple, D. Derickson, G. Wang, "Noise gain profile measurement of signal pumping in EDFAs in a multi-channel environment", *Topical Meeting: Optical Amplifiers and Applications*, Vail, 1998
- [3] D.M. Baney and J. Stimple, "WDM EDFA Gain Characterization with a Reduced Set of Saturating Signals", *IEEE Photonics Letters*, Vol. 8, No. 1
- [4] P. Wysocki, "Measurement of Wide-Bandwidth Gain-Flat Amplifiers", *Symposium on Optical Fiber Measurements*, 1998, pages. 9-14.

CEI 60825-1: *Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels, prescriptions et guide de l'utilisateur.*

CEI 60825-2: *Sécurité des appareils à laser – Partie 2: Sécurité des systèmes de communication par fibres optiques*

CEI 60874-1: *Connecteurs pour fibres et câbles optiques – Partie 1: Spécification générique*

---

## Bibliography

- [1] JOINDOT, I., DUPRE, F. Spectral hole burning in silica-based and in fluoride-based optical fibre amplifiers. *Electron Letters*, 1997, vol. 33, pp.1239-1240.
- [2] RUDKEVICH, E., STIMPLE, J., DERICKSON, D., WANG, G. *Noise gain profile measurement of signal pumping in EDFAs in a multi-channel environment*. Topical Meeting: Optical Amplifiers and Applications, Vail, 1998.
- [3] BANEY, DM. and STIMPLE, J. WDM EDFA Gain Characterization with a Reduced Set of Saturating Signals. *IEEE Photonics Letters*, Vol. 8, No. 1.
- [4] WYSOCKI, P. *Measurement of Wide-Bandwidth Gain-Flat Amplifiers*. Symposium on Optical Fiber Measurements, 1998, pp.9-14.

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

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

IEC 60874-1: *Connectors for optical fibres and cables – Part 1: Generic specification*

---





## Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

**International Electrotechnical Commission**

3, rue de Varembe

1211 Genève 20

Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

**A Prioritaire**

Nicht frankieren  
Ne pas affranchir



Non affrancare  
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE**

**SUISSE**

Customer Service Centre (CSC)

**International Electrotechnical Commission**

3, rue de Varembe

1211 GENEVA 20

Switzerland



**Q1** Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

**Q2** Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent ☐  
 librarian ☐  
 researcher ☐  
 design engineer ☐  
 safety engineer ☐  
 testing engineer ☐  
 marketing specialist ☐  
 other.....

**Q3** I work for/in/as a:  
(tick all that apply)

- manufacturing ☐  
 consultant ☐  
 government ☐  
 test/certification facility ☐  
 public utility ☐  
 education ☐  
 military ☐  
 other.....

**Q4** This standard will be used for:  
(tick all that apply)

- general reference ☐  
 product research ☐  
 product design/development ☐  
 specifications ☐  
 tenders ☐  
 quality assessment ☐  
 certification ☐  
 technical documentation ☐  
 thesis ☐  
 manufacturing ☐  
 other.....

**Q5** This standard meets my needs:  
(tick one)

- not at all ☐  
 nearly ☐  
 fairly well ☐  
 exactly ☐

**Q6** If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date ☐  
 standard is incomplete ☐  
 standard is too academic ☐  
 standard is too superficial ☐  
 title is misleading ☐  
 I made the wrong choice ☐  
 other .....

**Q7** Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,  
 (2) below average,  
 (3) average,  
 (4) above average,  
 (5) exceptional,  
 (6) not applicable

- timeliness.....  
 quality of writing.....  
 technical contents.....  
 logic of arrangement of contents .....  
 tables, charts, graphs, figures.....  
 other .....

**Q8** I read/use the: (tick one)

- French text only ☐  
 English text only ☐  
 both English and French texts ☐

**Q9** Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

**Commission Electrotechnique Internationale**

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

**A Prioritaire**

Nicht frankieren  
Ne pas affranchir



Non affrancare  
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE**

**SUISSE**

Centre du Service Clientèle (CSC)

**Commission Electrotechnique Internationale**

3, rue de Varembé

1211 GENÈVE 20

Suisse

**Q1** Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact:  
 (ex. 60601-1-1)  
 .....

**Q2** En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?  
 (cochez tout ce qui convient)  
 Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat ☐
- bibliothécaire ☐
- chercheur ☐
- ingénieur concepteur ☐
- ingénieur sécurité ☐
- ingénieur d'essais ☐
- spécialiste en marketing ☐
- autre(s).....

**Q3** Je travaille:  
 (cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie ☐
- comme consultant ☐
- pour un gouvernement ☐
- pour un organisme d'essais/ certification ☐
- dans un service public ☐
- dans l'enseignement ☐
- comme militaire ☐
- autre(s).....

**Q4** Cette norme sera utilisée pour/comme  
 (cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence ☐
- une recherche de produit ☐
- une étude/développement de produit ☐
- des spécifications ☐
- des soumissions ☐
- une évaluation de la qualité ☐
- une certification ☐
- une documentation technique ☐
- une thèse ☐
- la fabrication ☐
- autre(s).....

**Q5** Cette norme répond-elle à vos besoins:  
 (une seule réponse)

- pas du tout ☐
- à peu près ☐
- assez bien ☐
- parfaitement ☐

**Q6** Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:  
 (cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée ☐
- la norme est incomplète ☐
- la norme est trop théorique ☐
- la norme est trop superficielle ☐
- le titre est équivoque ☐
- je n'ai pas fait le bon choix ☐
- autre(s) .....

**Q7** Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres  
 (1) inacceptable,  
 (2) au-dessous de la moyenne,  
 (3) moyen,  
 (4) au-dessus de la moyenne,  
 (5) exceptionnel,  
 (6) sans objet

- publication en temps opportun .....
- qualité de la rédaction.....
- contenu technique .....
- disposition logique du contenu .....
- tableaux, diagrammes, graphiques, figures .....
- autre(s) .....

**Q8** Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français ☐
- uniquement le texte anglais ☐
- les textes anglais et français ☐

**Q9** Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....

.....

.....

.....

.....





ISBN 2-8318-7040-2



---

**ICS 33.180.20**

---