

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**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**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2003 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**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**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

T

ICS 33.180.30

ISBN 2-8318-7014-3

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application et objet.....	10
2 Références normatives	10
3 Appareil	10
4 Echantillon d'essai	16
5 Procédure	16
5.1 Etalonnage	18
5.2 Mesure de l'AFO	26
6 Calcul	32
6.1 Calcul du facteur de bruit linéaire	32
6.2 Puissance d'ESA.....	34
6.3 Calcul du gain.....	34
6.4 Puissance moyenne du signal en sortie.....	34
6.5 Calcul du facteur de bruit	34
7 Résultats des essais	34
Annexe A (informative) Liste des abréviations.....	38
Annexe B (informative) Forme d'onde des sorties pour les différents EDFA à 25 kHz et 500 kHz de fréquence de récurrence des impulsions (voir 5.1.2 a)).....	40
Annexe C (informative) Précision de mesure par rapport aux fréquences de récurrence (voir 5.1.2 a))	44
Bibliographie	46
Figure 1 – Disposition type de la méthode d'essai par impulsions optiques.....	12
Figure 2 – Deux dispositions de la source d'impulsions optiques.....	12
Figure 3 – Isolation statique d'un interrupteur optique	14
Figure 4 – Définitions des temps de montée et de chute, t_r et t_f des impulsions optiques.....	16
Figure 5 – Schéma fonctionnel de mesure	18
Figure 6 – Disposition pour l'étalonnage de l'interrupteur d'échantillonnage.....	20
Figure 7 – Disposition pour réglage de la temporisation	22
Figure 8 – Ajustage de la temporisation de l'interrupteur d'échantillonnage	24
Figure 9 – Tableau de la temporisation pour l'étalonnage de l'isolation dynamique	26
Figure 10 – Disposition pour mesurer l'AFO	28
Figure 11 – Tableau de temporisation pour la mesure de l'ESA.....	30
Figure 12 – Tableau de la temporisation pour la mesure de la puissance amplifiée du signal	30
Figure B.1 – Forme d'onde de sortie d'EDFA pour les divers EDFA.....	42
Figure C.1 – Précision du mesurage de NF par rapport aux fréquences de récurrence	44

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
1 Scope and object	11
2 Normative references	11
3 Apparatus	11
4 Test sample	17
5 Procedure	17
5.1 Calibration	19
5.2 OFA measurement	27
6 Calculation	33
6.1 Noise factor calculation	33
6.2 ASE power	35
6.3 Gain calculation	35
6.4 Average output signal power	35
6.5 Noise figure calculation	35
7 Test results	35
Annex A (informative) List of abbreviations	39
Annex B (informative) Output waveforms for various EDFAs at 25 kHz and 500 kHz pulse rates (see 5.1.2 a)	41
Annex C (informative) Measurement accuracy versus pulse rates (see 5.1.2 a)	45
Bibliography	47
Figure 1 – Typical arrangement of the optical pulse test method	13
Figure 2 – Two arrangements of the optical pulse source	13
Figure 3 – Static isolation of an optical switch	15
Figure 4 – Definitions of rise time and fall time, t_r and t_f of optical pulses	17
Figure 5 – Measurement flow chart	19
Figure 6 – Arrangement for the sampling switch calibration	21
Figure 7 – Arrangement for timing adjustment	23
Figure 8 – Timing adjustment of the sampling switch	25
Figure 9 – Timing chart for dynamic isolation calibration	27
Figure 10 – Arrangement for OFA measurement	29
Figure 11 – Timing chart for ASE measurement	31
Figure 12 – Timing chart for amplified signal power measurement	31
Figure B.1 – EDFA output waveforms for various EDFAs	43
Figure C.1 – NF measurement accuracy versus pulse rates	45

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**AMPLIFICATEURS OPTIQUES –
METHODES D'ESSAI –****Partie 10-1: Paramètres à canaux multiples –
Méthode d'impulsion utilisant un interrupteur optique
et un analyseur de spectre optique**

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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'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. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) attire l'attention sur le fait qu'il est déclaré que la conformité avec les dispositions du présent document peut impliquer l'utilisation de deux brevets.

Un brevet intéresse une technique pour la détermination du bruit d'émission spontané amplifié d'un amplificateur optique en présence d'un signal optique traité aux articles 3 et 5.

La CEI ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à la portée de ces droits de propriété.

Le détenteur de ces droits de propriété a donné l'assurance à la CEI qu'il consent à négocier des licences avec des demandeurs du monde entier, à des termes et conditions raisonnables et non discriminatoires. A ce propos, la déclaration du détenteur des droits de propriété est enregistrée à la CEI. Des informations peuvent être demandées à:

Agilent Technologies
Palo Alto (CA)
USA

L'autre brevet intéresse un système et un appareillage de mesure du bruit pour un amplificateur optique traités aux articles 3 et 5.

La CEI ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à la portée de ces droits de propriété.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**OPTICAL AMPLIFIERS –
TEST METHODS –****Part 10-1: Multichannel parameters –
Pulse method using an optical switch
and optical spectrum analyzer**

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.

The International Electrotechnical Commission (IEC) draws attention to the fact that it is claimed that compliance with this document may involve the use of two patents.

One patent concerns a technique for determining the amplified spontaneous emission noise of an optical amplifier in the presence of an optical signal given in Clause 3 and Clause 5.

IEC takes no position concerning the evidence, validity and scope of this patent right.

The holder of this patent right has assured the IEC that he/she is willing to negotiate licenses under reasonable and non-discriminatory terms and conditions with applicants throughout the world. In this respect, the statement of the holder of this patent right is registered with the IEC. Information may be obtained from:

Agilent Technologies
Palo Alto (CA)
USA

Another patent concerns a measurement system and noise measurement apparatus for an optical amplifier given in clause 3 and clause 5.

IEC takes no position concerning the evidence, validity and scope of this patent right.

Le détenteur de ces droits de propriété a donné l'assurance à la CEI qu'il consent à négocier des licences avec des demandeurs du monde entier, à des termes et conditions raisonnables et non discriminatoires. A ce propos, la déclaration du détenteur des droits de propriété est enregistrée à la CEI. Des informations peuvent être demandées à:

Fujitsu Limited
Tokyo
Japon

L'attention est d'autre part attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété autres que ceux qui ont été mentionnés ci-dessus. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de l'identification de ces droits de propriété en tout ou partie.

La Norme internationale CEI 61290-10-1 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.

La présente version bilingue, publiée en 2003-05, correspond à la version anglaise.

Le texte anglais de cette norme est basé sur les documents 86C/498/FDIS et 86C/533/RVD. Le rapport de vote 86C/533/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. A cette date, la publication sera

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

The holder of this patent right has assured the IEC that he/she is willing to negotiate licenses under reasonable and non-discriminatory terms and conditions with applicants throughout the world. In this respect, the statement of the holder of this patent right is registered with the IEC. Information may be obtained from:

Fujitsu Limited
Tokyo
Japan

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights other than those identified above. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61290-10-1 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 IEC 61290-3.

This bilingual version, published in 2003-05, corresponds to the English version.

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

FDIS	Report on voting
86C/498/FDIS	86C/533/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

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

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

INTRODUCTION

Pour autant que l'on puisse en juger, la présente partie de la CEI 61290 est la première norme internationale qui traite de ce sujet. La technologie des amplificateurs à fibre optique est encore nouvelle et évolue toujours, de sorte que des amendements et de nouvelles éditions de ce document sont à prévoir.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-10-1:2003

Withdrawing

INTRODUCTION

As far as can be determined, this part of IEC 61290 is the first International Standard on this subject. The technology of optical fibre amplifiers is quite new and still emerging, hence amendments and new editions to this document can be expected.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-10-1:2003

Withdrawn

AMPLIFICATEURS OPTIQUES – METHODES D'ESSAI –

Partie 10-1: Paramètres à canaux multiples – Méthode d'impulsion utilisant un interrupteur optique et un analyseur de spectre optique

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61290 s'applique aux amplificateurs à fibre optique (AFO), utilisant des fibres actives dopées aux terres rares, qui sont actuellement disponibles sur le marché. Elle établit des prescriptions uniformes en vue de mesures précises et fiables du facteur de bruit signal/émission spontanée défini en 3.1.18 de la CEI 61291-1.

La méthode d'essai détecte indépendamment la puissance du signal amplifiée et la puissance d'émission spontanée amplifiée (ESA) en lançant des impulsions optiques dans l'AFO en essai et en détectant en synchronisme les niveaux «marche» et «arrêt» des impulsions de sortie à l'aide d'un interrupteur optique d'échantillonnage et un analyseur de spectre optique (ASO).

Une telle mesure est possible parce que la réponse en gain de l'AFO dopé aux terres rares est relativement lente, en particulier les AFO dopés à l'Erbium. Cependant, étant donné que la dynamique du gain des AFO varie en fonction des types d'amplificateurs, des conditions de fonctionnement et des programmes de commande, il convient que la dynamique du gain soit prise en considération lors de l'application de la méthode d'essai actuelle aux divers AFO.

La méthode d'essai est décrite de manière fondamentale pour les applications à canaux multiples, qui comprennent des applications à canal unique comme cas spécial d'applications à canaux multiples.

NOTE Toutes les valeurs numériques suivies de (1) sont destinées à être actuellement étudiées.

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 61291-1:1998, *Amplificateurs à fibres optiques – Partie 1: Spécification générique*

3 Appareil

L'installation de mesure de base est illustrée à la Figure 1.

OPTICAL AMPLIFIERS – TEST METHODS –

Part 10-1: Multichannel parameters – Pulse method using an optical switch and optical spectrum analyzer

1 Scope and object

This part of IEC 61290 applies to optical fibre amplifiers (OFAs) using active fibres, containing rare-earth dopants, currently commercially available. It establishes uniform requirements for accurate and reliable measurements of the signal-spontaneous noise figure as defined in 3.1.18 of IEC 61291-1.

The test method independently detects amplified signal power and amplified spontaneous emission (ASE) power by launching optical pulses into the OFA under test and synchronously detecting “on” and “off” levels of the output pulses by using an optical sampling switch and an optical spectrum analyzer (OSA).

Such a measurement is possible because the gain response of the rare-earth doped OFA is relatively slow, particularly in Er-doped OFAs. However, since the OFA gain dynamics vary with amplifier types, operating conditions and control scheme, the amplifier type should be considered when applying the present test method.

The test method is described basically for multichannel applications, which includes single channel applications as a special case of multichannel (wavelength-division multiplexed) applications.

NOTE All numerical values followed by (‡) are intended to be currently 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 61291-1, *Optical fibre amplifiers – Part 1: Generic specification*

3 Apparatus

The basic measurement set-up is given in Figure 1.

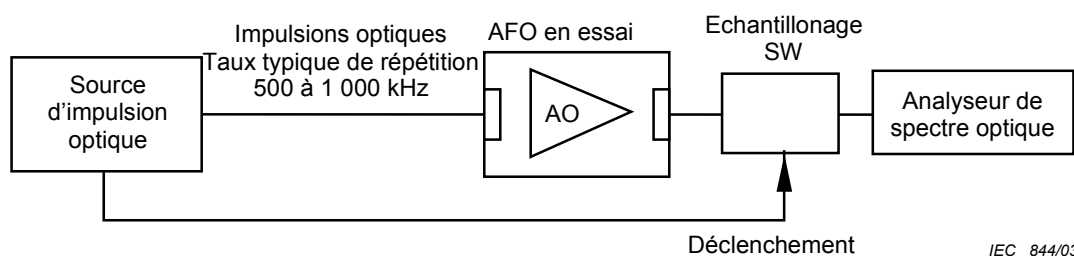


Figure 1 – Disposition type de la méthode d'essai par impulsions optiques

L'équipement d'essai nécessaire, avec ses caractéristiques exigées, est énuméré ci-après.

- a) *Source d'impulsions optiques*: Deux dispositions de la source d'impulsions optiques sont possibles comme illustré à la Figure 2. La source d'impulsions optiques *a* (Figure 2a) consiste en sources optiques d'ondes entretenues (OE) avec un interrupteur optique externe et un ou plusieurs affaiblisseurs. La source d'impulsions optiques *b* (Figure 2b) consiste en sources optiques à modulation directe et d'affaiblisseurs.

Source d'impulsions optiques *a*

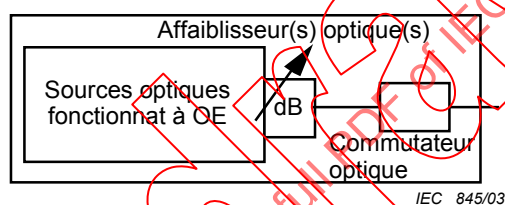


Figure 2a – Source d'impulsions constituée de sources optiques d'ondes entretenues (OE) avec interrupteur optique externe et affaiblisseur(s)

Source d'impulsions optiques *b*

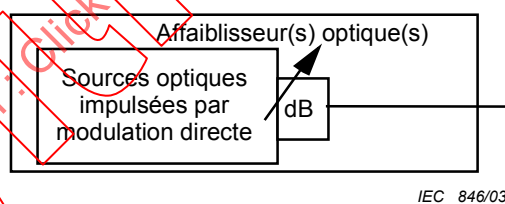
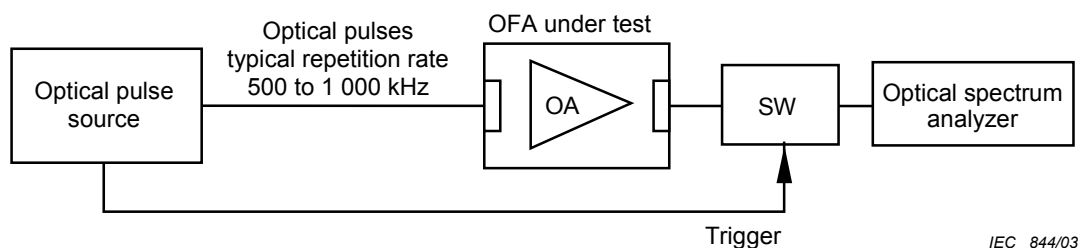


Figure 2b – Source d'impulsions constituée de sources optiques à modulation directe et d'affaiblisseur(s)

Figure 2 – Deux dispositions de la source d'impulsions optiques

Sauf spécification différente, la pleine largeur à mi-hauteur (FWHM) du spectre de sortie de la source d'impulsions optiques *a* ou *b* doit être plus étroite que $0,1 \text{ nm } (\pm)^1$ de manière à ne pas causer de perturbations avec les canaux adjacents. Dans le cas d'une source à canal unique, elle doit être plus étroite que $1 \text{ nm } (\pm)$. Les lasers à rétroaction répartie (RR), les lasers réflecteurs de Bragg répartis (RBR), et les diodes laser à cavité externe (LCE), par exemple, sont applicables. Le taux de suppression des modes latéraux des lasers RR, doit être plus élevé que $30 \text{ dB } (\pm)$. La fluctuation de la puissance de sortie doit être inférieure à $0,05 \text{ dB } (\pm)$, ce qui peut être plus facile à obtenir avec un isolateur optique placé au niveau de l'accès de sortie de chaque source. L'émission spontanée de la source et l'élargissement spectral doivent être minimaux.

¹ Voir note de l'Article 1.



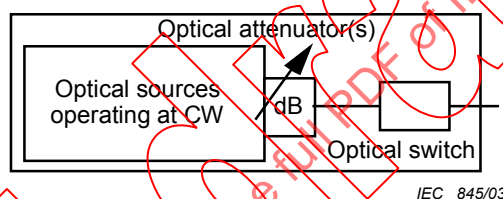
IEC 844/03

Figure 1 – Typical arrangement of the optical pulse test method

The test equipment needed, with the required characteristics, is listed below.

- a) **Optical pulse source:** Two arrangements of the optical pulse source are possible as shown in Figure 2. Optical pulse source *a* (Figure 2a) consists of CW optical sources with an external optical switch and attenuator(s). Optical pulse source *b* (Figure 2b) consists of directly modulated optical sources and attenuator(s).

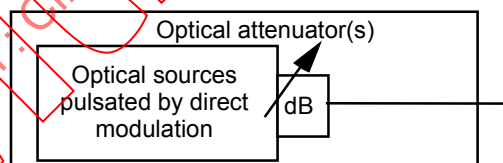
Optical pulse source *a*



IEC 845/03

Figure 2a – Pulse source consisting of CW optical sources with an external optical switch and attenuator(s)

Optical pulse source *b*



IEC 846/03

Figure 2b – Pulse source consisting of directly modulated optical sources and attenuator(s)

Figure 2 – Two arrangements of the optical pulse source

Unless otherwise specified, the full width at half maximum (FWHM) of the output spectrum of optical pulse source *a* or *b* shall be narrower than $0,1 \text{ nm}(\pm)^1$ so as not to cause any interference to adjacent channels. In the case of a single-channel source, it shall be narrower than $1 \text{ nm}(\pm)$. Distributed feedback (DFB) lasers, distributed Bragg reflection (DBR) lasers, and external cavity lasers (ECLs), for example, are applicable. The suppression ratio of the side modes of these DFB lasers shall be higher than $30 \text{ dB}(\pm)$. The output power fluctuation shall be less than $0,05 \text{ dB}(\pm)$, which may be more easily attainable with an optical isolator placed at the output port of each source.

¹ See note in Clause 1.

La source d'impulsions optiques *a* donne des impulsions simultanées MRL (multiplexage à répartition en longueur d'onde) avec un interrupteur optique, où le temps de commutation est commun à tous les canaux; aucun réglage de la temporisation n'est nécessaire. De plus, la modulation de fréquence et l'émission spontanée peuvent être minimales; le rapport d'extinction des étapes «marche» par rapport à «arrêt» peut être déterminé seulement à haut niveau si un interrupteur à haut rapport d'extinction est utilisé. Un modulateur acoustique-optique (MAO) est typiquement utilisé comme interrupteur.

Pour la source *b* d'impulsions optiques, il convient que la fuite de courant en position arrêt soit aussi petite que possible pour minimiser l'erreur de mesure, bien que l'étalonnage soit possible en soustrayant le courant de fuite. Ceci peut exiger un fonctionnement à polarisation nulle des sources DL. De plus, il faut faire attention lors de la synchronisation des impulsions optiques, car la temporisation des impulsions peut être différente entre les sources.

- b) *affaiblisseur optique variable* la gamme d'affaiblissement et sa stabilité doivent être supérieures à: 40 dB(±) et meilleures que ±0,1 dB(±), respectivement. La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à –40 dB(±) à chaque accès. L'affaiblisseur optique variable peut être incorporé dans la source d'impulsions optiques.
- c) *Interrupteur optique*: Ce dispositif doit avoir une sensibilité à la polarisation inférieure à ±0,1 dB(±), une isolation statique meilleure que 65 dB(±), un temps de transition inférieur à 50 ns(±), et un retard de commutation inférieur à 2 ms(±). La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à –40 dB(±) à chaque accès. La Figure 3 définit l'isolation statique du interrupteur optique. Le interrupteur optique n'est pas nécessaire pour la source d'impulsions optiques *b*.

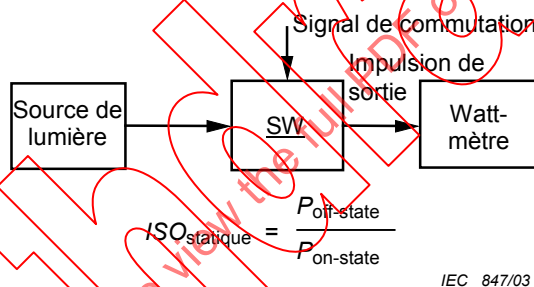


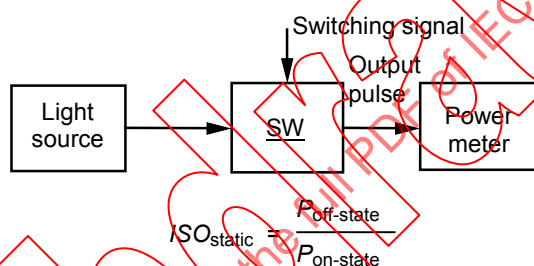
Figure 3 – Isolation statique d'un interrupteur optique

- d) *Générateur d'impulsions*: Ce dispositif est utilisé pour commander les sources d'impulsion optique et l'interrupteur d'échantillonnage optique. Si on utilise une source d'impulsions optiques à modulation interne, un générateur d'impulsions séparé n'est pas nécessaire. Un ou des trains d'impulsions doivent être générés avec un intervalle entre les impulsions de, typiquement, 1 µs à 2 µs (±). Les largeurs des impulsions doivent être réglables à au moins 100 ns à 2 ms(±) avec un minimum d'étape de 5 ns ou moins. Le retard doit être réglable au moins de 100 ns à 4 µs(±) par étapes de 5 ns ou moins. Le temps de montée et le temps de chute, t_r et t_f , des impulsions optiques de sortie doit être inférieur à 10 ns(±). Les définitions de t_r et t_f sont données à la Figure 4.

Optical pulse source *a* simultaneously pulsates wavelength-division multiplexed light with an optical switch, where the switching time is common to all the channels; timing adjustment is not needed. Moreover, frequency chirping and spontaneous emission can be minimum; the extinction ratio of the “on” versus “off” stages can be uniquely determined at a high level if a high extinction-ratio switch is used. An acousto-optic modulator (AOM) is typically used as the switch.

For optical pulse source *b*, the leakage power at the off-state should be as small as possible to minimize the measurement error, although calibration is possible by subtracting the leaked power. This may demand a zero-bias operation of laser diode sources. Moreover, care must be taken in synchronizing optical pulses because the pulse timing may differ from one source to another.

- b) *Variable optical attenuator*: The attenuation range and stability shall be over 40 dB(±) and better than ± 0,1 dB(±), respectively. The reflectance from this device shall be smaller than –40 dB(±) at each port. The variable optical attenuator may be incorporated in the optical pulse source.
- c) *Optical switch*: This device shall have a polarization sensitivity less than ±0,1 dB(±), static isolation better than 65 dB(±), transition time less than 50 ns(±), and switching delay time less than 2 ms(±). The reflectance from this device shall be smaller than –40 dB(±) at each port. Figure 3 defines the optical switch static isolation. The optical switch is not required for optical pulse source *b*.



IEC 847/03

Figure 3 – Static isolation of an optical switch

- d) *Pulse generator*: This device is used to drive optical pulse sources and the optical sampling switch. When using an internally modulated optical pulse source, an independent pulse generator is not required. Pulse train(s) shall be generated with a pulse interval rate of, typically, 1 μs to 2 μs (±). The pulse widths shall be adjustable from 100 ns to 2 ms(±) with a minimum of 5 ns step or finer. The delay shall be adjustable at least from 100 ns to 4 μs(±) in steps of 5 ns or finer. The rise time and fall time, t_r and t_f , of the output optical pulse shall be less than 10 ns(±). Definitions of t_r and t_f are given in Figure 4.

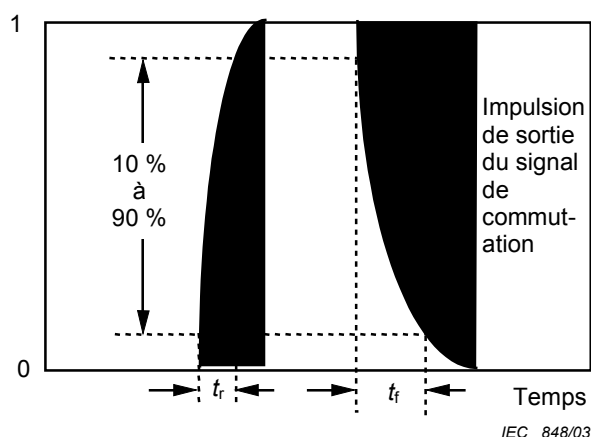


Figure 4 – Définitions des temps de montée et de chute, t_r et t_f des impulsions optiques

- e) *Analyseur de spectre optique*: Ce dispositif doit avoir une sensibilité de polarisation inférieure à 0,1 dB(±), une stabilité meilleure que $\pm 0,1$ dB(±), une précision de longueur d'ondes meilleure que $\pm 0,5$ nm(±), et une reproductibilité de longueur d'onde meilleure que 0,01 nm(±). Le dispositif doit avoir une gamme de mesures d'au moins -75 dBm à +20 dBm(±) avec une résolution meilleure que 0,1 nm(±). La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à -40 dB(±) à l'accès d'entrée.
- f) *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 la lumière d'entrée, avec la bande de longueur d'ondes opérationnelle de l'AFO et dans la gamme de puissance de -40 dBm à +20 dBm(±).
- g) *Connecteurs optiques*: La reproductibilité de la perte de connexion doit être supérieure à $\pm 0,1$ dB(±). La réflectance de ce dispositif doit être inférieure à -40 dB(±).
- h) *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 des câbles de liaison à fibres optiques doit être inférieure à -40 dB(±), et la longueur du dispositif doit être courte (< 2m).

4 Echantillon d'essai

L'AFO doit fonctionner dans des conditions nominales de fonctionnement. Si l'AFO est susceptible de causer des oscillations de laser en raison de réflexions indésirables, il convient d'utiliser des isolateurs optiques pour limiter l'AFO en essai.. Ceci minimisera l'instabilité des signaux et l'imprécision des mesures.

Il est nécessaire de veiller à maintenir l'état de polarisation de la lumière d'entrée pendant la mesure. Des changements dans l'état de polarisation de la lumière d'entrée peuvent entraîner des modifications de la puissance optique d'entrée en raison de la légère dépendance en polarisation qui peut être attendue de tous les composants optiques utilisés, conduisant à des erreurs de mesure.

5 Procédure

La méthode d'essai comprend quatre parties:

- a) réglage initial du système et étalonnage ;
- b) ajustage de la fenêtre d'échantillonnage ;
- c) mesure de l'AFO, et
- d) calcul

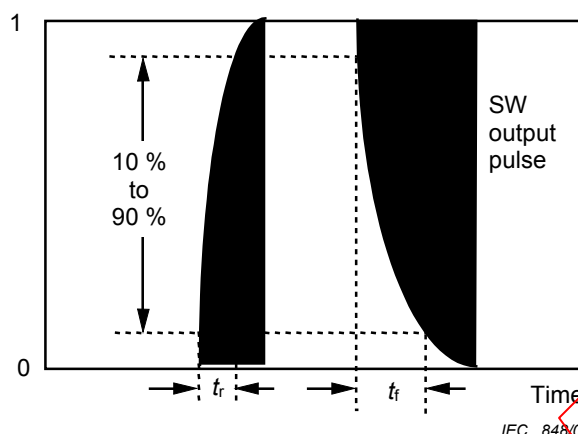


Figure 4 – Definitions of rise time and fall time, t_r and t_f of optical pulses

- e) *Optical spectrum analyzer*: This device shall have polarization sensitivity less than 0,1 dB(±), stability better than $\pm 0,1$ dB(±), wavelength accuracy better than $\pm 0,5$ nm(±), and wavelength reproducibility better than 0,01 nm(±). The device shall have a measurement range at least from -75 dBm to $+20$ dBm(±) with a resolution better than 0,1 nm (±). The reflectance from this device shall be smaller than -40 dB(±) at its input port.
- f) *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 and within a power range from -40 dBm to $+20$ dBm(±).
- g) *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(±).
- h) *Optical fibre jumpers*: The mode field diameter of the optical fibre jumpers shall be as close as possible, so as not to cause excessive loss and reflectance, to that of fibres used as input and output ports of the OFA. The reflectance from optical fibre jumpers shall be smaller than -40 dB(±), and the device length shall be short (< 2 m).

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 inaccuracy.

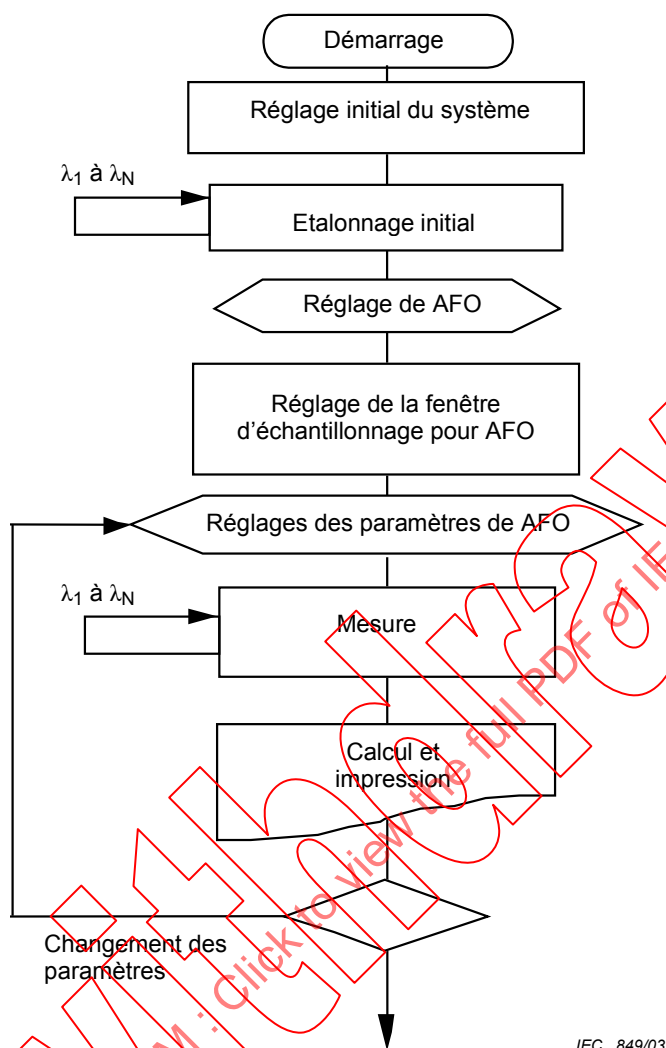
Care shall be taken in the state of polarization of the input light during the measurement. Changes in the polarization state of the input light may result in input optical power changes because of the slight polarization dependency expected from all the optical components used, leading to measurement errors.

5 Procedure

The test procedure consists of four parts:

- a) initial system setting and calibration,
- b) sampling window adjustment,
- c) OFA measurement, and
- d) calculation.

Le programme de mesure est donné à la Figure 5. Cette procédure permet un calcul autoconsistant non seulement du facteur de bruit linéaire de AFO, mais aussi de la puissance de l'ESA et du gain des signaux.



IEC 849/03

Figure 5 – Schéma fonctionnel de mesure

5.1 Etalonnage

5.1.1 Etalonnage de la mesure de puissance de l'ASO

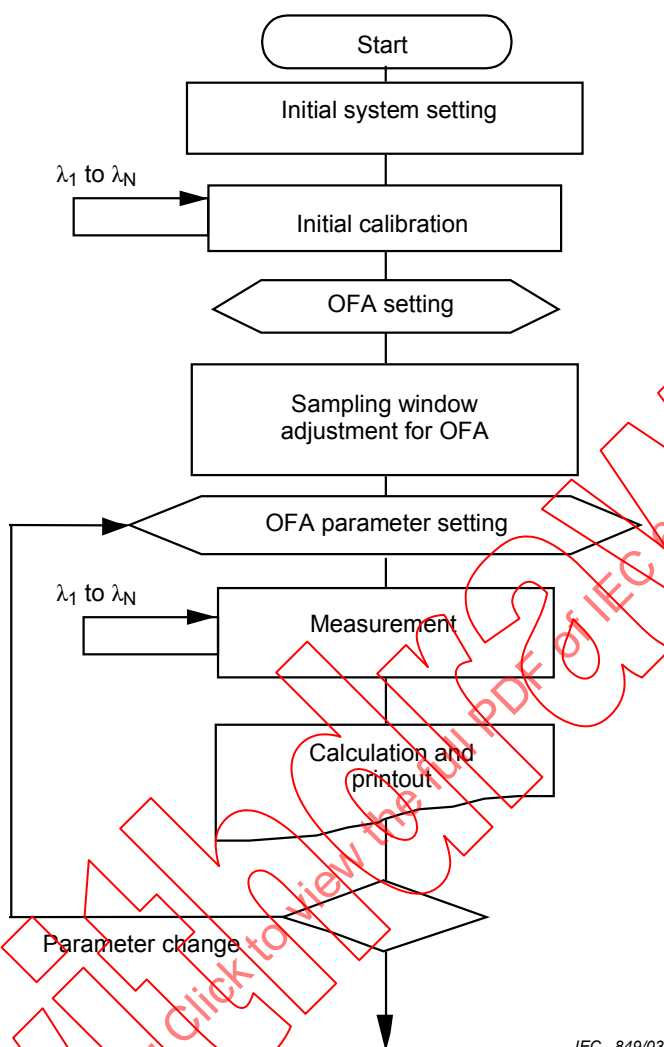
Etalonner la mesure de puissance de l'ASO à l'aide d'un wattmètre étalonné.

NOTE Le wattmètre optique étalonné détecte toute la puissance optique, y compris l'émission spontanée d'une source, alors que la mesure de l'ASO détecte seulement la puissance optique dans la largeur de bande de la résolution de l'ASO. Donc l'usage filtre optique avec bande passante FWHM de 1 nm à 3 nm est conseillé à la sortie de la source d'impulsions optiques pour augmenter la précision de l'étalonnage.

5.1.2 Etalonnage du rapport cyclique des impulsions

- Activer un canal quelconque de la source d'impulsions optiques à OE ainsi que la puissance spécifiée et la longueur d'onde.

The measurement flow is given in Figure 5. This procedure enables self-consistent calculation of not only OFA noise factor but also ASE power and signal gain.



IEC 849/03

Figure 5 – Measurement flow chart

5.1 Calibration

5.1.1 Calibration of OSA power measurement

Calibrate the OSA power measurement by using a calibrated power meter.

NOTE The calibrated optical power meter detects all the optical power including source spontaneous emission, whereas the OSA measurement detects just the optical power within the resolution bandwidth of the OSA. Therefore, use of an optical filter with a FWHM passband of 1 nm to 3 nm is recommended at the output of the optical pulse source to increase the calibration accuracy.

5.1.2 Calibration of the pulse duty ratio

- a) Activate any one channel of the optical pulse source at CW and the specified power and wavelength.

- b) Régler la largeur d'impulsion T_{source} et la période d'impulsion T de la sortie de la source d'impulsions optiques comme spécifié dans la spécification de produit concernée. T_{source} et T doivent être suffisamment plus courts que le temps de réponse de gain de l'AFO en essai. Pour les EDFA, T_{source} et T sont typiquement de $0,4 \mu\text{s}$ ($\pm$) et $1 \mu\text{s}$ ($\pm$), respectivement. Ces valeurs dépendent toutefois des conditions de saturation de l'amplificateur.

NOTE La précision du mesure par rapport à la fréquence de récurrence est donnée dans l'Annexe C. Les formes d'onde des sorties des EDFA pour les différents EDFA sont données dans l'Annexe B.

- c) Mesurer la puissance moyenne en sortie, $P_{\text{pulse-ave}}$, avec un wattmètre.
- d) Commander la source d'impulsions optiques avec un rapport cyclique de 100% (commande CC), et mesurer la puissance de sortie P_{DC} , avec un wattmètre.
- e) Calculer le rapport cyclique à l'aide de l'équation (1).

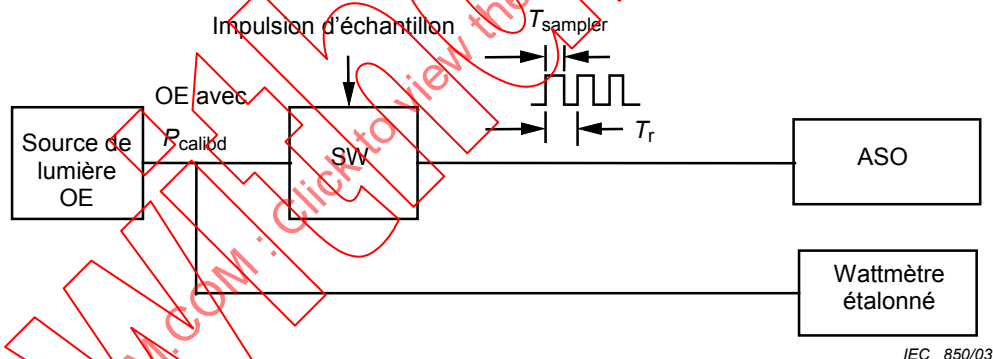
$$DR_{\text{source}} = \frac{P_{\text{pulse-ave}}}{P_{\text{DC}}} \quad (1)$$

NOTE Pour la source d'impulsions optiques utilisant un interrupteur optique externe, le résultat de l'étalonnage s'applique aux autres canaux.

Pour la source d'impulsions optiques utilisant la modulation directe, l'étalonnage doit être répété pour tous les canaux, parce que la forme des impulsions optiques générées par chaque source est différente.

5.1.3 Etalonnage du module d'échantillonnage

- a) Disposer la source d'impulsions optiques, l'échantillonnage SW, ASO et le wattmètre étalonné comme illustré par la Figure 6.



IEC 850/03

Figure 6 – Disposition pour l'étalonnage de l'interrupteur d'échantillonnage

- b) Activer la source d'impulsions optiques pour émettre de la lumière OE à une longueur d'onde par canal à essayer.
- c) Régler la largeur de bande optique ASO: B_0 de façon à adapter la largeur de bande spectrale du signal d'impulsion.
- d) Ajuster la longueur d'onde du centre de ASO à la longueur d'onde sélectionnée à l'étape b).
- e) Régler la largeur d'impulsion d'échantillonnage, T_{sampler} , comme spécifié dans la spécification produit. La somme des rapports cycliques, le rapport cyclique de la source plus le rapport cyclique de l'échantillonneur doit être inférieure à 100% tout en gardant une marge, par exemple 80% à 90%. T_{sampler} doit être inférieure à T_{source} . Mesurer la puissance moyenne en sortie, $P_{\text{OSA-pulse-ave}}$ avec l'ASO.
- f) Commander l'interrupteur d'échantillonnage avec une impulsion cyclique (commande en courant continu).
- g) Mesurer $P_{\text{OSA-DC}}$ avec l'ASO.

- b) Set the pulse width T_{source} and the pulse interval T of the optical pulse source output as specified in the product specification. T_{source} and T shall be sufficiently shorter than the gain-response time of the OFA under test. For EDFAs, T_{source} and T are typically $0,4 \mu\text{s}$ ($\pm$) and $1 \mu\text{s}$ ($\pm$), respectively. These values, however, depend on the amplifier saturation condition.

NOTE Measurement accuracy vs. pulse rates is given in informative Annex C. EDFA output waveforms for various EDFAs are given in informative Annex B.

- c) Measure the average output power, $P_{\text{pulse-ave}}$, with a power meter.
- d) Drive the optical pulse source with 100 % duty pulse (DC drive), and measure the output power, P_{DC} , with a power meter.
- e) Calculate the equivalent duty ratio by using equation (1).

$$DR_{\text{source}} = \frac{P_{\text{pulse-ave}}}{P_{\text{DC}}} \quad (1)$$

NOTE For the optical pulse source using an external optical switch, the calibration result is applicable to the other channels.

For the optical pulse source using direct modulation, the calibration shall be repeated for all the channels, because the optical-pulse shape generated by each source can be different.

5.1.3 Calibration of the sampling module

- a) Arrange the optical pulse source, sampling SW, OSA and calibrated power meter as shown in Figure 6.

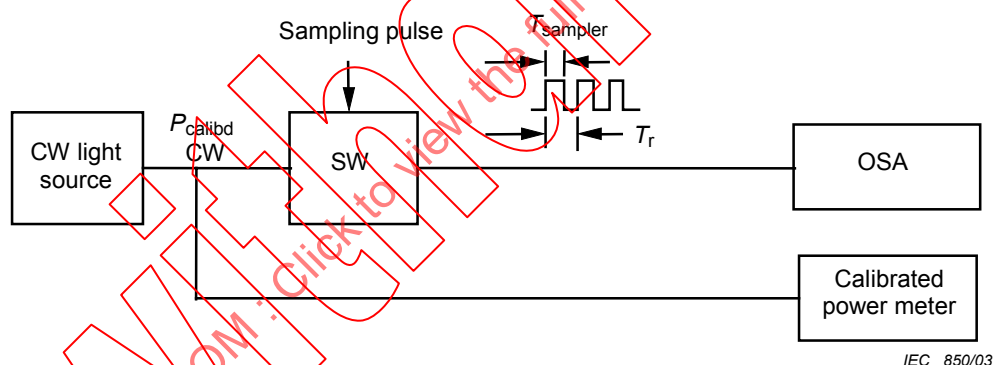


Figure 6 – Arrangement for the sampling switch calibration

- b) Activate the optical pulse source to emit CW light at a channel wavelength to be tested.
- c) Set the OSA optical bandwidth: B_o in a way to accommodate the spectral bandwidth of the pulse signal
- d) Adjust the OSA centre wavelength to the wavelength selected at step b).
- e) Set the sampling pulse width, T_{sampler} , as specified in the product specification. The sum of the duty ratios, the source duty ratio plus sampler duty ratio, shall be less than 100 % while still keeping some margin, e.g., 80 % to 90 %. T_{sampler} shall be smaller than T_{source} . Measure the average output power, $P_{\text{OSA-pulse-ave}}$ with the OSA.
- f) Drive the sampling switch with a 100 % duty pulse (DC drive).
- g) Measure $P_{\text{OSA-DC}}$ with the OSA.

- h) Calculer le rapport cyclique équivalent de l'interrupteur à l'aide de l'équation (2).

$$DR_{\text{sampler}} = \frac{P_{\text{OSA-pulse-ave}}}{P_{\text{OSA-DC}}} \quad (2)$$

NOTE La valeur de DR_{sampler} ainsi obtenue pour une longueur d'onde de canal est applicable aux autres longueurs d'onde de canal.

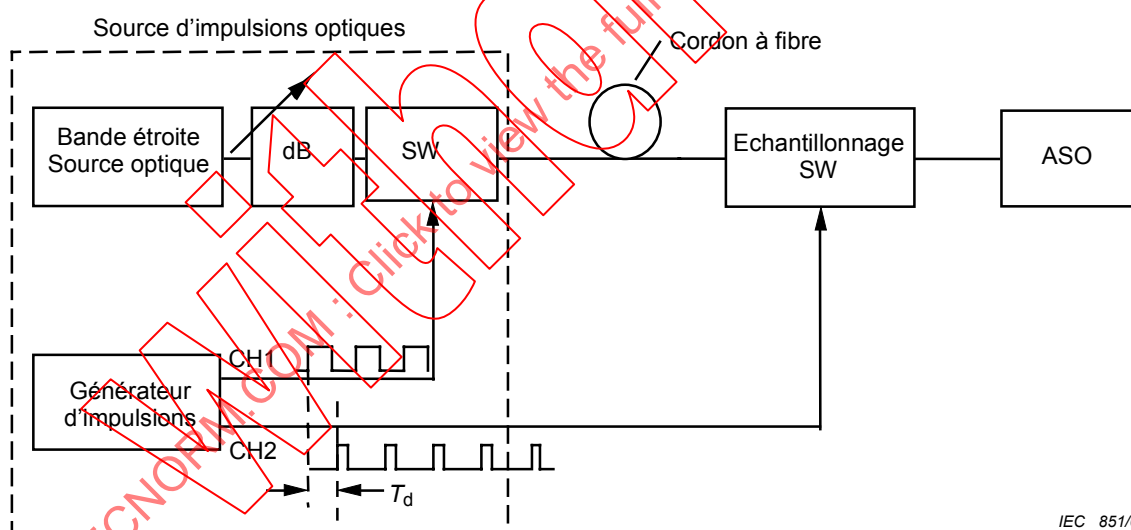
- Mesurer le courant d'entrée de l'interrupteur d'échantillonnage, $P_{\text{CW}}^{\text{calibd}}$, avec un wattmètre étalonné.
- Activer la source d'impulsions optiques pour émettre de la lumière OE à la longueur d'onde du canal suivant à essayer. Répéter les étapes g) à i) pour le canal suivant.
- Calculer le coefficient d'étalonnage $CAL(\lambda_k)$ de l'échantillonneur y compris l'OSA à l'aide de l'équation (3).

$$CAL(\lambda_k) = \frac{P_{\text{OSA-DC}}}{P_{\text{CW-calibd}}} \quad (3)$$

5.1.4 Etalonnage de l'isolation dynamique

5.1.4.1 Ajustage de la temporisation de l'interrupteur d'échantillonnage (SW)

- a) Relier la source d'impulsions optiques et le interrupteur d'échantillonnage plus ASO avec un cordon à fibres comme illustré à la Figure 7 où la source d'impulsions optiques *a* est représentée comme la source d'impulsions optiques. La source d'impulsions optiques *b* est aussi applicable ici.



IEC 851/03

Figure 7 – Disposition pour réglage de la temporisation

- b) Mettre sous tension la source d'impulsions optiques pour émettre de la lumière à toutes les longueurs d'onde de canal.

NOTE Bien que le retard puisse être déterminé à l'aide d'un seul canal, la présente méthode d'essai met sous tension tous les canaux à ce stade, si bien que la source d'impulsions optiques à multicanal peut être mieux stabilisée pour les étapes suivantes de la procédure de mesure.

- Ajuster la longueur d'onde au centre de l'ASO à une longueur d'onde arbitraire de canal.
- Régler la temporisation des impulsions de commande pour la source d'impulsions optiques et l'interrupteur d'échantillonnage, comme illustré à la Figure 8.
- Trouver le retard $T_{d-\min}$ qui minimise la puissance optique reçue avec l'ASO en réglant le retard T_d de CH2.

h) Calculate the equivalent sampling switch duty ratio by using equation (2).

$$DR_{\text{sampler}} = \frac{P_{\text{OSA-pulse-ave}}}{P_{\text{OSA-DC}}} \quad (2)$$

NOTE The value of DR_{sampler} thus obtained at one channel wavelength is applicable to the other channel wavelengths.

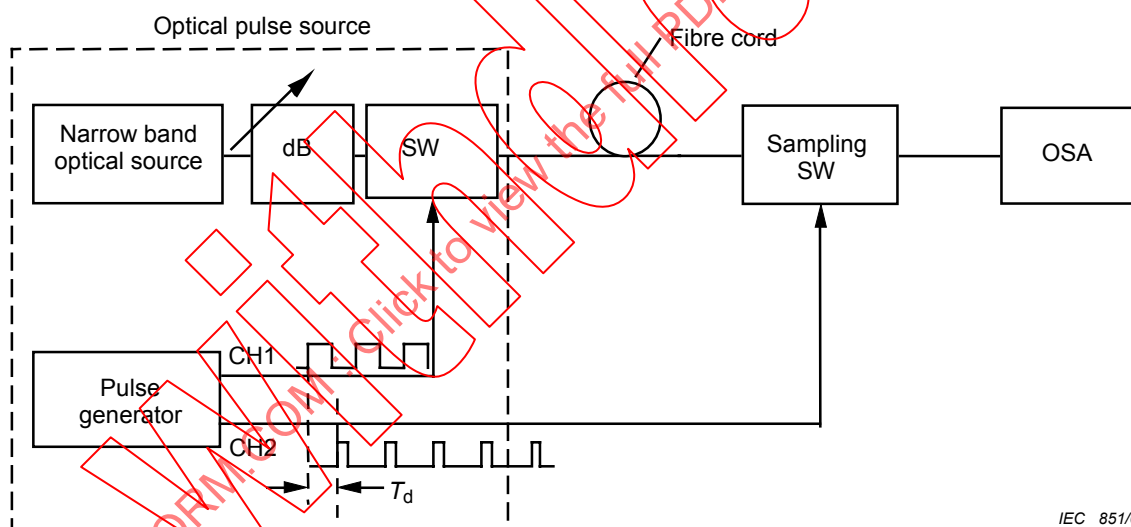
- i) Measure the input power to the sampling switch, $P_{\text{CW}}^{\text{calibd}}$, with a calibrated power meter.
- j) Activate the optical pulse source to emit CW light at the next channel wavelength to be tested. Repeat steps g) through i) for the next channel wavelength to be measured.
- k) Calculate the calibration factor $CAL(\lambda_k)$ of the sampler including the OSA by using equation (3).

$$CAL(\lambda_k) = \frac{P_{\text{OSA-DC}}}{P_{\text{CW-calibd}}} \quad (3)$$

5.1.4 Calibration of dynamic isolation

5.1.4.1 Timing adjustment of the sampling switch (SW)

- a) Connect the optical pulse source and the sampling switch plus OSA with a fibre cord as shown in Figure 7, in which optical pulse source a is illustrated as the optical pulse source. Optical pulse source b is also applicable here.



IEC 851/03

Figure 7 – Arrangement for timing adjustment

- b) Activate the optical pulse source to emit light at all channel wavelengths.

NOTE Although the delay time can be determined by using just one channel, the present test procedure activates all the channels at this stage so that the multichannel optical pulse source can be better stabilized for later stages of the measuring procedure.

- c) Adjust the OSA centre wavelength to one arbitrary channel wavelength.
- d) Set the drive pulse timing for the optical pulse source and the sampling switch as shown in Figure 8. DR_{sampler} shall be smaller than DR_{source} .
- e) Find the delay time $T_{d-\min}$ that minimizes the received optical power with the OSA by tuning the CH2 delay time T_d .

- f) Calculer le retard T_{d-max} qui maximalise la puissance optique reçue avec l'ASO à l'aide de l'équation (4).

$$T_{d-max} = T_{d-min} - \frac{T_p}{2} \quad (4)$$

NOTE Le retard ainsi obtenu à la longueur d'onde du canal est applicable aux autres longueurs d'onde des canaux.

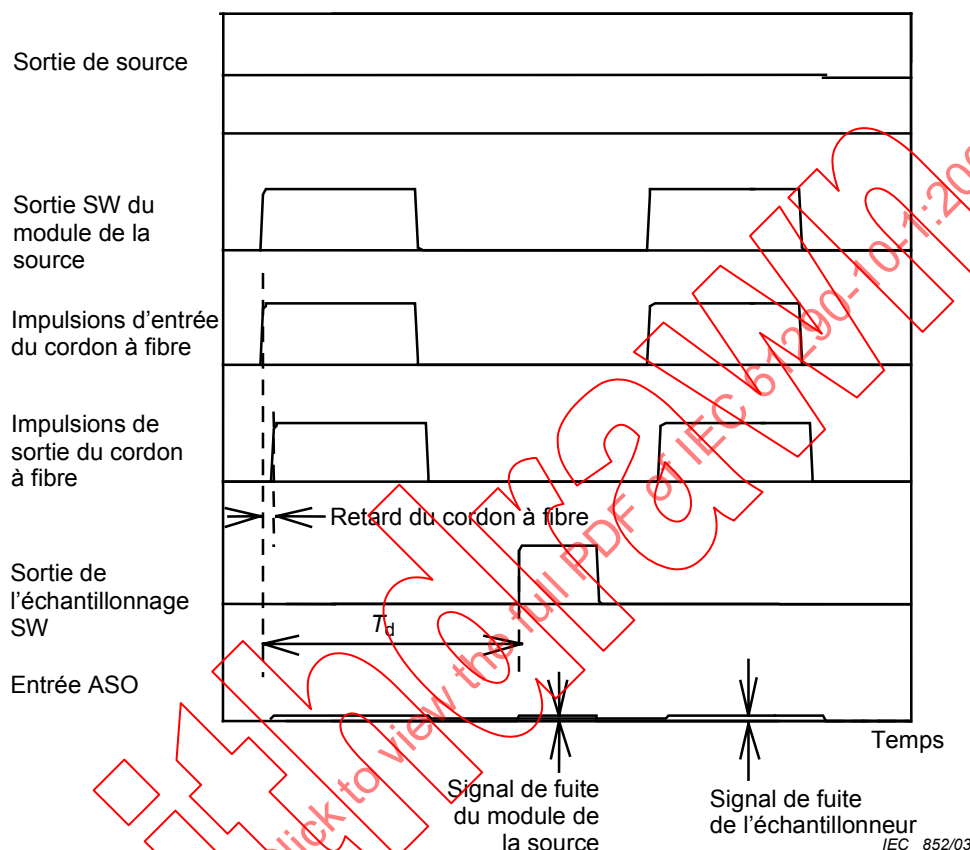


Figure 8 – Ajustage de la temporisation de l'interrupteur d'échantillonnage

5.1.4.2 Isolation dynamique

- a) Garder sous tension la source d'impulsions optiques pour émettre des impulsions de lumière à toutes les longueurs d'onde des canaux.

NOTE Tous les canaux ont besoin d'être sous tension lors de la mesure de l'isolation dynamique. Ceci parce que, bien que l'isolation dynamique soit mesurée par le réglage de l'ASO sur un canal, il convient que l'ASO reçoive toutes les puissances optiques y compris celles des canaux voisins.

- b) Connecter la source d'impulsions optiques et l'interrupteur d'échantillonnage plus ASO avec un cordon à fibre comme illustré à la Figure 7.
- c) Régler la temporisation d'interrupteur d'échantillonnage comme illustré à la Figure 9a. Mesurer $P_{OSA-ave}^{Sig}$ avec l'ASO réglé sur le canal à essayer.
- d) Régler la temporisation d'interrupteur d'échantillonnage comme illustré à la Figure 9b. Mesurer $P_{OSA-ave}^{Leak}$ avec l'ASO réglé sur le même canal que dans l'étape c).
- e) Répéter les étapes c) et d) pour les différents canaux à mesurer.
- f) Calculer l'isolation dynamique moyenne de chaque canal, $ISO(\lambda_k)_{dyna-ave}$, à l'aide de l'équation (5).

$$ISO(\lambda_k)_{dyna-ave} = \frac{P_{OSA-ave}^{Leak}}{P_{OSA-ave}^{Sig}} \quad (5)$$

- f) Calculate the delay time T_{d-max} that maximizes the received optical power with the OSA by using equation (4).

$$T_{d-max} = T_{d-min} - \frac{T_p}{2} \quad (4)$$

NOTE The delay time thus obtained at one channel wavelength is applicable to the other channel wavelengths.

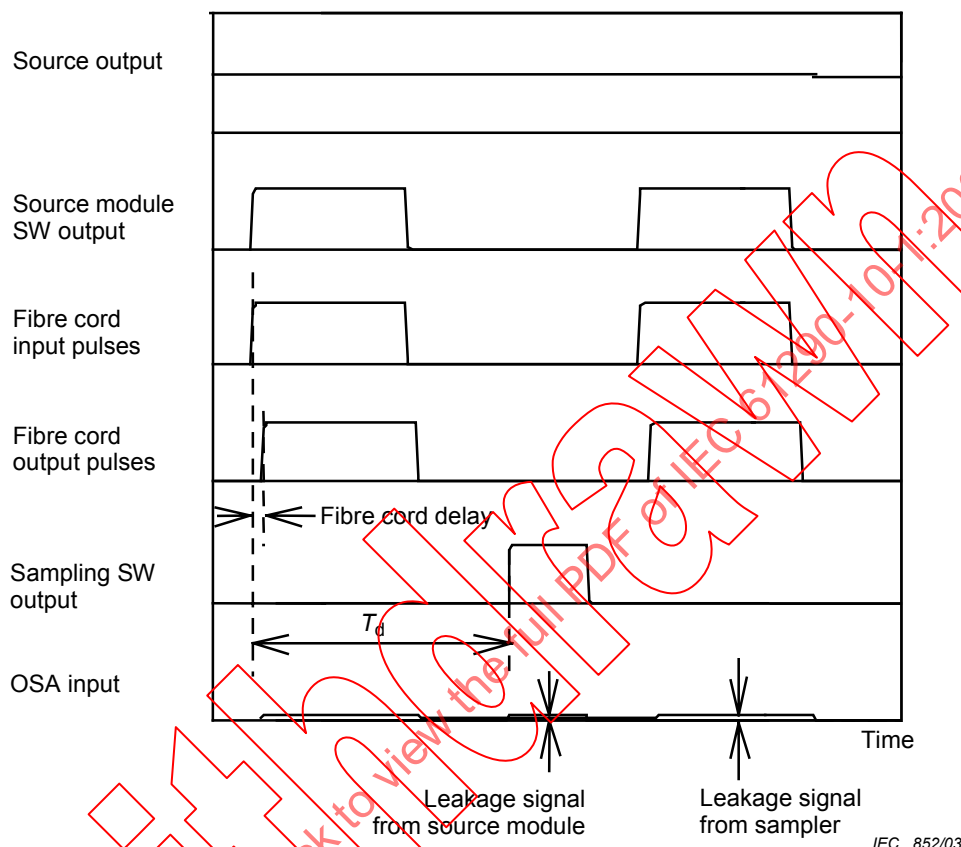


Figure 8 – Timing adjustment of the sampling switch

5.1.4.2 Dynamic isolation

- a) Keep activating the optical pulse source to emit light pulses at all channel wavelengths.

NOTE All the channels need to be active when measuring the dynamic isolation. This is because, although the dynamic isolation is measured by tuning the OSA to one channel, the OSA should receive all the optical powers including those from adjacent channels.

- b) Connect the optical pulse source and the sampling switch plus OSA with a fibre cord as shown in Figure 7.
- c) Set the sampling switch timing as shown in Figure 9a. Measure $P_{OSA-ave}^{Sig}$ with the OSA tuned to the channel to be tested.
- d) Set the sampling switch timing as shown in Figure 9b. Measure $P_{OSA-ave}^{Leak}$ with the OSA tuned to the same channel as in step c).
- e) Repeat steps c) and d) for the different channels to be tested.
- f) Calculate the average dynamic isolation of each channel, $ISO(\lambda_k)_{dyna-ave}$, by using equation (5).

$$ISO(\lambda_k)_{dyna-ave} = \frac{P_{OSA-ave}^{Leak}}{P_{OSA-ave}^{Sig}} \quad (5)$$

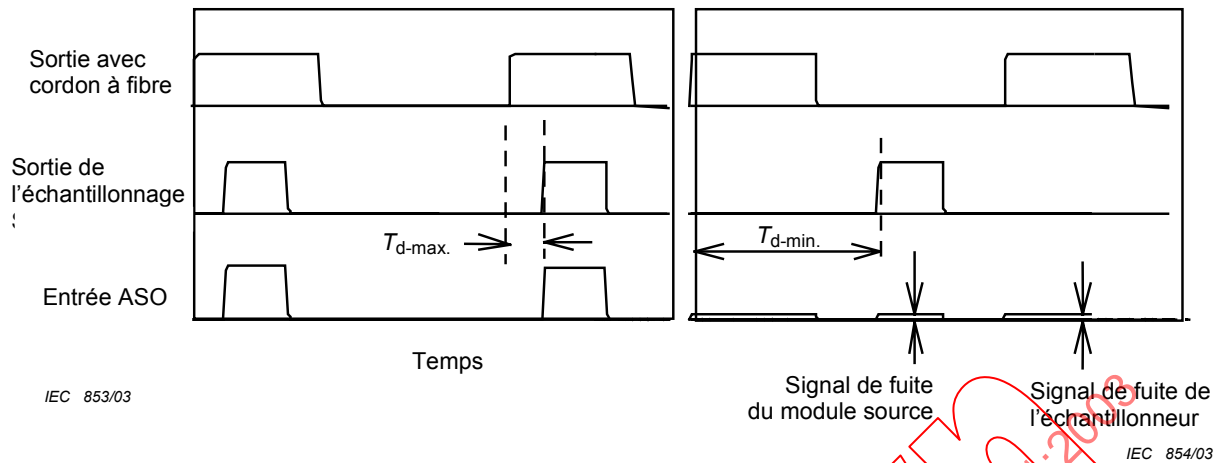


Figure 9a – Mesures de $P_{OSA-AVE}^{Sig}$

Figure 9b – Mesures de $P_{OSA-AVE}^{Leak}$

Figure 9 – Tableau de la temporisation pour l'étalonnage de l'isolation dynamique

5.2 Mesure de l'AFO

5.2.1 Ajustement de la temporisation de l'ESA et mesure du signal de puissance amplifié

- Continuer à mettre sous tension la source d'impulsions optiques pour émettre de la lumière impulsée sur toutes les longueurs d'onde des canaux.

NOTE Bien que la temporisation puisse être ajustée à l'aide d'un seul canal, tous les canaux sont maintenus sous tension pour que la source d'impulsions optiques à multicanaux puisse être stable.

- Connecter la source d'impulsions optiques, l'AFO en essai, l'interrupteur d'échantillonnage et l'ASO comme illustré à la Figure 10, où la source d'impulsions optiques a est illustrée. La source d'impulsions optiques b est aussi applicable à sa place.
- Mettre sous tension l'AFO à l'essai comme spécifié dans la spécification détaillée, tout en évitant la génération de surcharge optique
- Régler l'ASO sur une longueur d'onde de canal arbitraire.
- Régler la temporisation de l'impulsion de commande à la source d'impulsions optiques et à l'interrupteur d'échantillonnage comme illustré à la Figure 10, où l'interrupteur d'échantillonnage est commandé pour sortir de phase avec la source d'impulsions optiques comme mesure d'ESA.
- Trouver le retard de T_{d-ASE} qui minimise $P_{OSA-ave}^{ASE}$ en réglant le retard T_d de CH2.
- Calculer le retard T_{d-sig} , qui maximalise $P_{OSA-ave}^{Sig-OFA-out}$ à l'aide de l'équation (6)

$$T_{d-sig} = T_{d-ASE} - \frac{T_p}{2} \quad (6)$$

NOTE Le retard ainsi obtenu pour une longueur d'ondes de canal est applicable aux autres longueurs d'onde de canal.

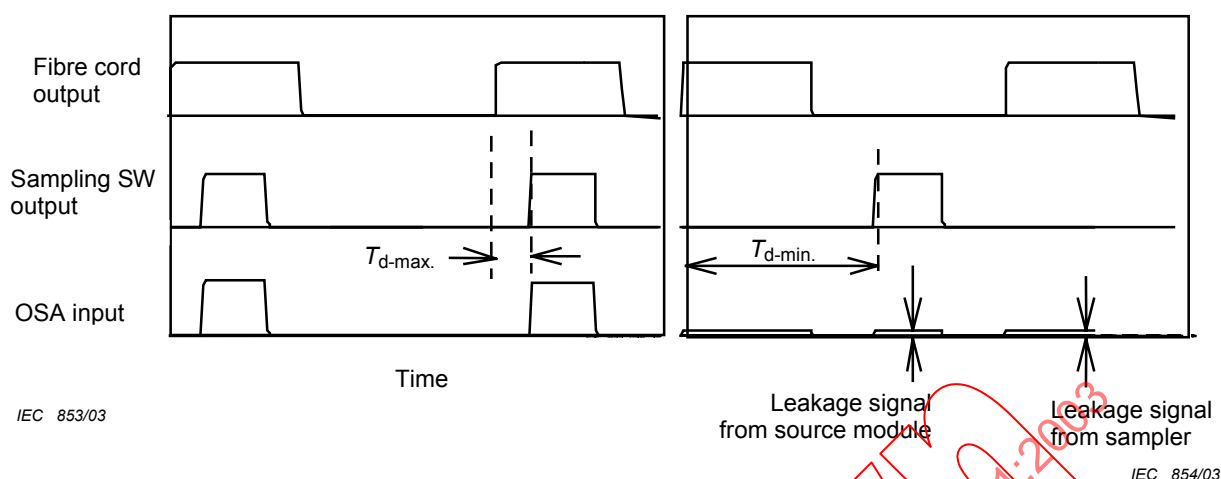
9a – Measurements of $P_{\text{OSA-AVE}}^{\text{Sig}}$ 9b – Measurements of $P_{\text{OSA-AVE}}^{\text{Leak}}$

Figure 9 – Timing chart for dynamic isolation calibration

5.2 OFA measurement

5.2.1 Timing adjustment for ASE and amplified signal power measurement

- a) Keep activating the optical pulse source to emit pulsed light at all channel wavelengths.

NOTE Although the timing can be adjusted by using just one channel, all the channels are kept activated so that the multichannel optical pulse source can be stable.

- b) Connect the optical pulse source, the OFA under test, the sampling switch and the OSA as shown in Figure 10, in which optical pulse source *a* is illustrated. Optical pulse source *b* is also applicable instead.
- c) Activate the OFA under test as specified in the detail specification while avoiding surge generation.
- d) Tune the OSA to one arbitrary channel wavelength.
- e) Set the drive pulse timing to the optical pulse source and the sampling switch as shown in Figure 10, in which the sampling switch is driven out of phase with the optical pulse source for ASE measurement.
- f) Find the delay time of $T_{\text{d-ASE}}$ that minimizes $P_{\text{OSA-ave}}^{\text{ASE}}$ by tuning the CH2 delay time T_{d} .
- g) Calculate the delay time $T_{\text{d-sig}}$, that maximizes $P_{\text{Sig-OFA-out}}^{\text{OSA-ave}}$ by using equation (6).

$$T_{\text{d-sig}} = T_{\text{d-ASE}} - \frac{T_{\text{p}}}{2} \quad (6)$$

NOTE The delay time thus obtained at one channel wavelength is applicable to the other channel wavelengths.

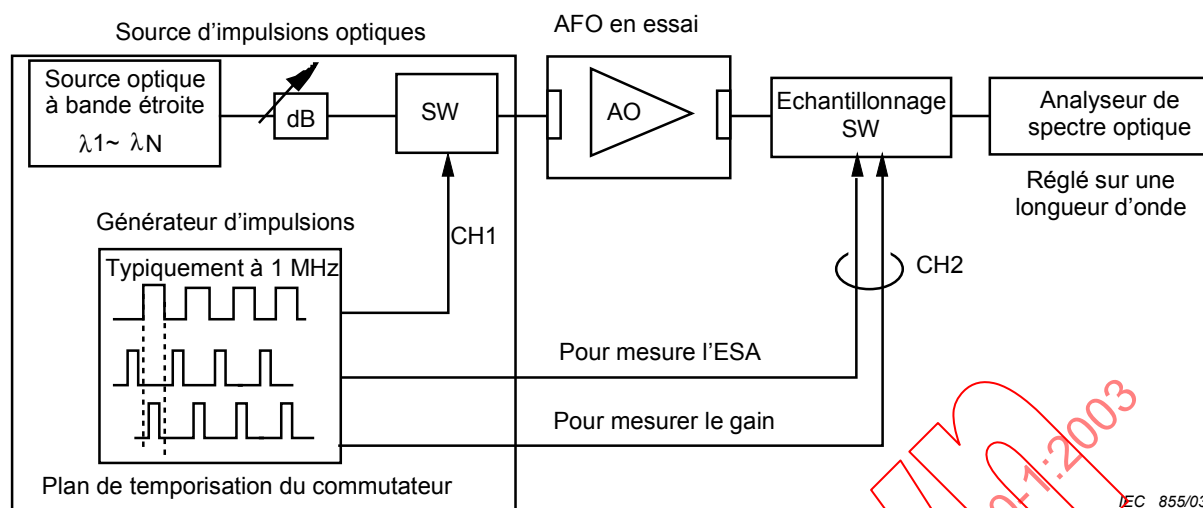


Figure 10 – Disposition pour mesurer l'AFO

5.2.2 Mesure de l'ESA

- Maintenir sous tension la source d'impulsions optiques pour émettre de la lumière pulsée sur tous les canaux.
- Régler la puissance moyenne du signal de chaque canal dans l'AFO: $P_{\text{OFA-in-ave}}$, comme spécifié dans une spécification détaillée. $P_{\text{OFA-in-ave}}$ peut être ajustée à l'aide d'un ASO comme suit:
 - Connecter la source d'impulsions optiques et l'interrupteur d'échantillonnage avec un cordon à fibre.
 - Régler la temporisation de l'interrupteur d'échantillonnage: $T_{\text{d-max}}$, comme donné dans l'équation (4).
 - Mesurer $P_{\text{OSA-ave}}^{\text{sig}}$ avec l'ASO à la longueur d'onde en essai.
 - $P_{\text{OFA-in-ave}}$ est donnée par l'équation (7).

$$P(\lambda_k)_{\text{OFA-in-ave}} = \frac{DR_{\text{source}}}{CAL(\lambda_k) \times DR_{\text{sampler}}} P(\lambda_k)_{\text{sig-OFA-in OSA-ave}} \quad (7)$$

- Pour des applications à un seul canal, au lieu de suivre les étapes ci-dessus 1) à 4) $P_{\text{OFA-in-ave}}$ peut être ajustée à l'aide du wattmètre étalonné.
- Régler la temporisation du module d'échantillonnage, comme déterminée par le point e) de 5.2.1, pour mesurer la puissance de l'ESA. Le tableau de temporisation est donné à la Figure 11.
- Mesurer $P_{\text{OSA-ave}}^{\text{ASE}}$ avec l'ASO sur le canal en essai.

NOTE Cette puissance dépend de la résolution de largeur de bande de l'ASO.

- Mesurer $P_{\text{OSA-ave}}^{\text{ASE}}$ avec l'ASO sur le canal suivant tout en gardant les autres conditions inchangées.

5.2.3 Mesure de la puissance amplifiée de signal

- Maintenir sous tension la source d'impulsions optiques pour émettre de la lumière sur tous les canaux.
- Régler la temporisation de l'interrupteur d'échantillonnage comme déterminé par l'étape g) de 5.2.1 pour mesurer la puissance du signal. Le tableau de temporisation est donné à la Figure 12.
- Maintenir $P_{\text{OFA-in-ave}}$ pour tous les canaux aux niveaux semblables à ceux de la mesure de l'ESA

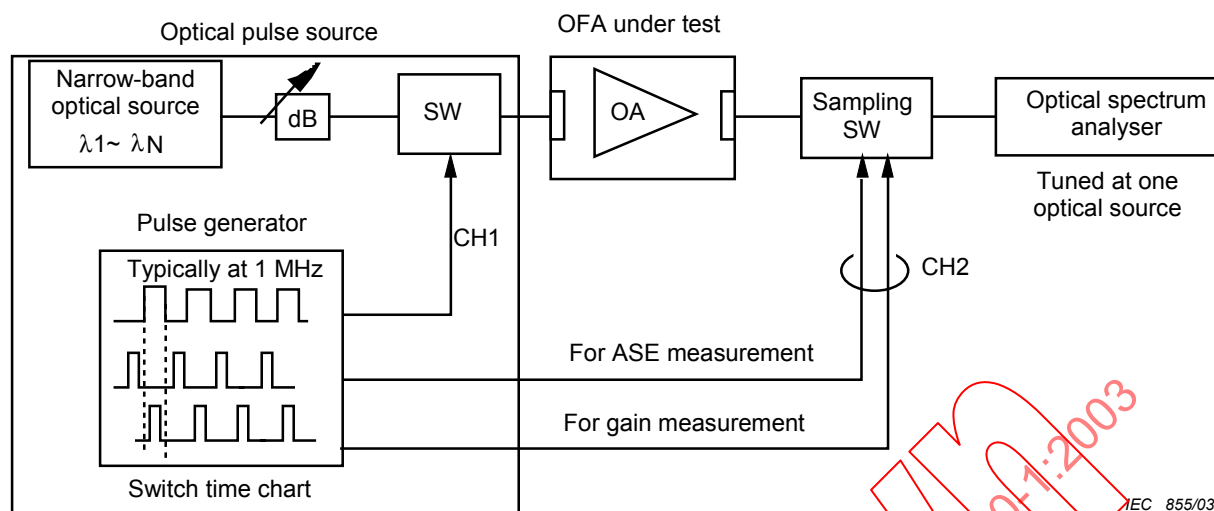


Figure 10 – Arrangement for OFA measurement

5.2.2 ASE measurement

- Keep activating the optical pulse source to emit pulsed light at all channels.
- Set the average signal power of each channel into the OFA: $P_{\text{OFA-in-ave}}$, as specified in a detail specification. $P_{\text{OFA-in-ave}}$ can be adjusted by using an OSA as follows:
 - Connect the optical pulse source and the sampling switch with a fibre cord.
 - Set the sampling switch timing: $T_{\text{d-max}}$ as given in equation (4)
 - Measure $P_{\text{OSA-ave}}^{\text{Sig}}$ with the OSA at the wavelength under test.
 - $P_{\text{OFA-in-ave}}$ is given by equation (7).

$$P(\lambda_k)_{\text{OFA-in-ave}} = \frac{DR_{\text{source}}}{CAL(\lambda_k) \times DR_{\text{sampler}}} P(\lambda_k)_{\text{sig-OFA-in OSA-ave}} \quad (7)$$

- For single-channel applications, instead of following the above steps 1) to 4), $P_{\text{OFA-in-ave}}$ can be adjusted by using the calibrated power meter.
- Set the sampling module timing, as determined by item e) of 5.2.1, to measure the ASE power. The timing chart is given in Figure 11.
- Measure $P_{\text{OSA-ave}}^{\text{ASE}}$ with the OSA at the channel under test.

NOTE This power depends on the resolution bandwidth of the OSA.

- Measure $P_{\text{OSA-ave}}^{\text{ASE}}$ with the OSA at the next channel to be tested while keeping other conditions unchanged.

5.2.3 Amplified signal power measurement

- Keep activating the optical pulse source to emit pulsed light at all channels.
- Set the sampling switch timing as determined by step g) of 5.2.1 to measure the signal power. The timing chart is given in Figure 12
- Keep $P_{\text{OFA-in-ave}}$ for all the channels at the same levels as for the ASE measurement.

- d) Mesurer $P_{\text{sig-OFA-out}}^{\text{OSA-ave}}$ avec l'ASO à la longueur d'onde en essai.
- e) Mesurer $P_{\text{sig-OFA-out}}^{\text{OSA-ave}}$ avec l'ASO sur le canal suivant, tout en gardant les autres conditions inchangées.

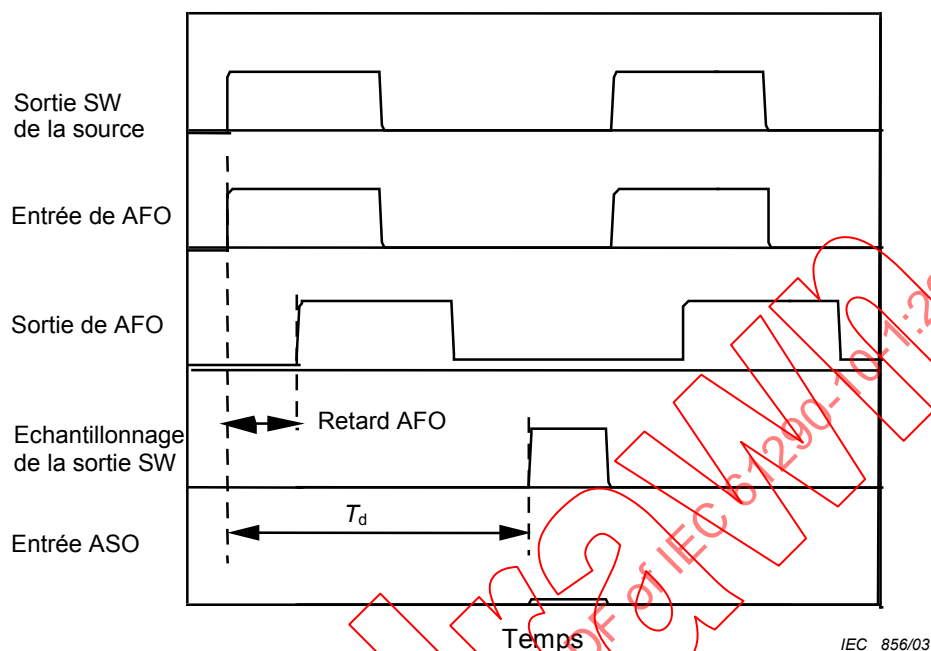


Figure 11 – Tableau de temporisation pour la mesure de l'ESA

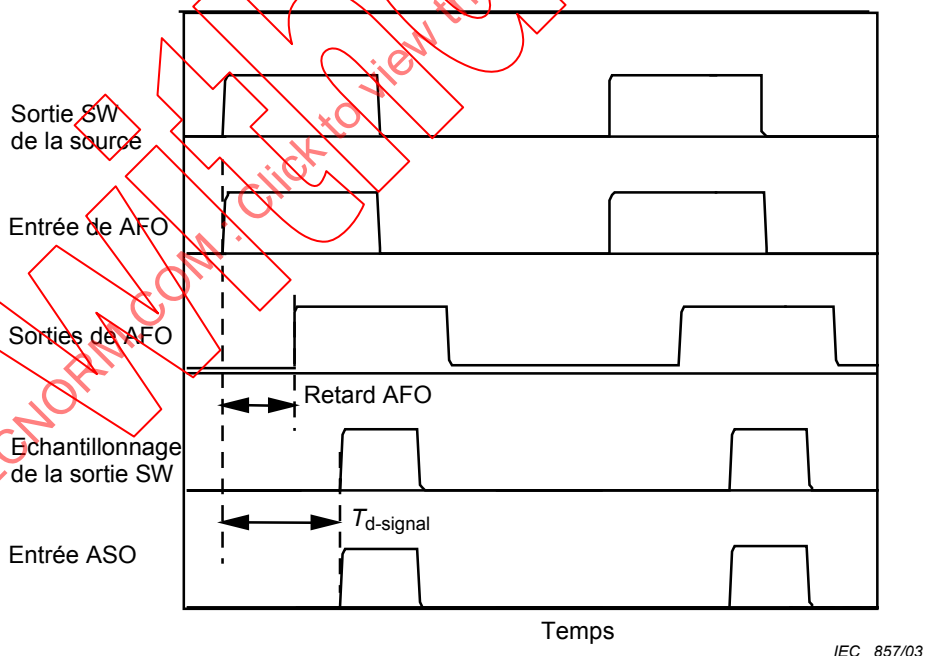


Figure 12 – Tableau de a temporisation pour la mesure de la puissance amplifiée du signal

- d) Measure $P_{\text{sig-OFA-out}}^{\text{OSA-ave}}$ with the OSA at the wavelength under test.
- e) Measure $P_{\text{sig-OFA-out}}^{\text{OSA-ave}}$ with the OSA at the next channel to be tested while keeping other conditions unchanged.

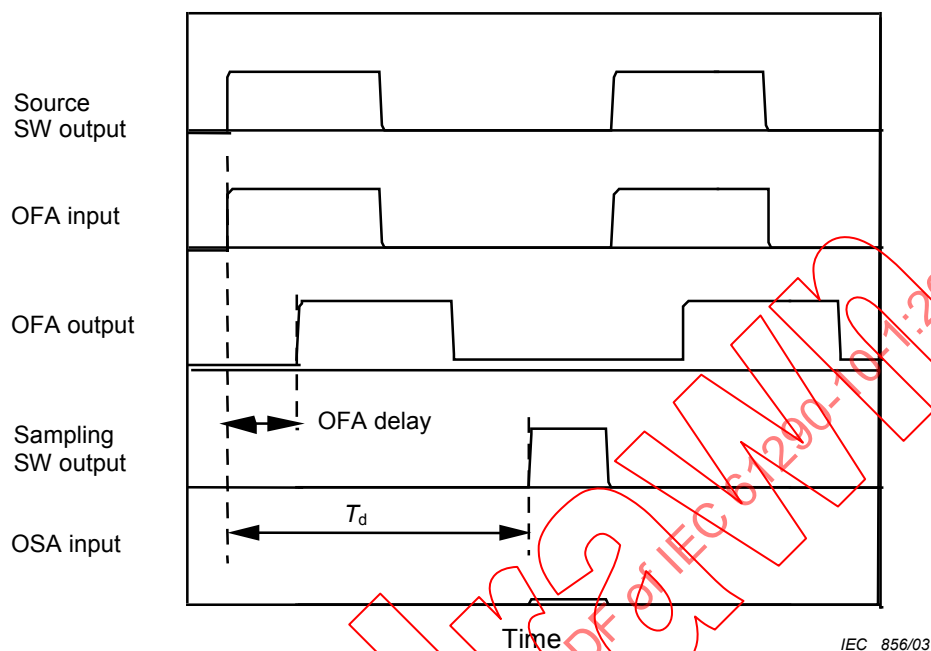


Figure 11 – Timing chart for ASE measurement

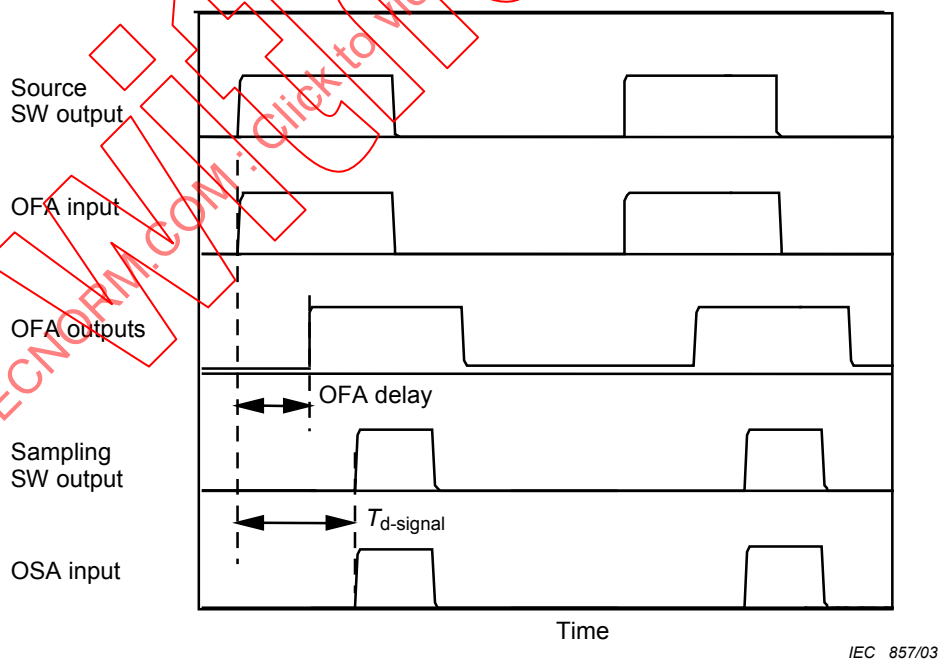


Figure 12 – Timing chart for amplified signal power measurement

6 Calcul

Les valeurs suivantes des paramètres différant suivant le canal en essai, il faut effectuer le calcul pour chaque canal à l'aide des valeurs de paramètres spécifiques à chaque canal.

$P(\lambda_k)_{\text{OFA-in-ave}}$	Puissance moyenne du signal d'entrée, mW
$P(\lambda_k)^{\text{ASE}}_{\text{OSA-ave}}$	Puissance moyenne d'ESA mesurée avec l'ASO, mW
$P(\lambda_k)^{\text{sig-OFA-out}}_{\text{OSA-ave}}$	Puissance moyenne du signal de sortie de l'AFO mesurée avec l'ASO, mW
$\text{ASE}(\lambda_k, B_0)$	Puissance d'ESA dans la largeur de bande optique de l'ASO, mW
$\text{CAL}(\lambda_k)$	Coefficient d'étalonnage de l'échantillonneur plus ASO
$\text{ISO}(\lambda_k)_{\text{dyna-ave}}$	Isolation dynamique moyenne, dB
$G(\lambda_k)$	Gain linéaire
$F(\lambda_k)_{\text{sig-sp}}$	Facteur de bruit linéaire signal/émission spontanée (exprimé sous forme linéaire)
$\text{NF}(\lambda_k)_{\text{sig-sp}}$	Facteur de bruit signal/émission spontanée, dB

6.1 Calcul du facteur de bruit linéaire

Le facteur de bruit linéaire: $F_{\text{sig-sp}}$ pour chaque canal à une longueur d'onde λ est donné par les équations suivantes.

$$F_{\text{sig-sp}} = \frac{P^{\text{ASE}}_{\text{OSA-ave}}}{\text{CAL} \times G h \nu B_0 DR_{\text{sampler}}} - \frac{\text{ISO}_{\text{dyna-ave}} \times P_{\text{OFA-in-ave}}}{h \nu_0 B_0 DR_{\text{source}}} \quad (8)$$

ou

$$F_{\text{sig-sp}} = \frac{1}{\text{CAL} \times G h \nu B_0 DR_{\text{sampler}}} (P^{\text{ASE}}_{\text{OSA-ave}} - \text{ISO}_{\text{dyna-ave}} \times P^{\text{sig-OFA-out}}_{\text{OSA-ave}}) \quad (9)$$

où

B_0 est la résolution de largeur de bande de l'ASO en Hz,

h est la constante de Planck

ν est la fréquence du signal optique en Hz.

NOTE Les second termes des équations (8) et (9) sont utilisés pour annuler l'effet de la fuite de signal dans la mesure de l'ESA.

En mesurant la répartition de la puissance d'ESA autour de la longueur d'onde du signal, la puissance d'ESA en excluant la fuite du signal à la longueur d'onde du signal peut être estimée par la technique de l'interpolation. $F_{\text{sig-sp}}$ peut être donné par l'équation (10)

$$F_{\text{sig-sp}} = \frac{P^{\text{ASE}}_{\text{OSA-ave-interpolated}}}{\text{CAL} \times G h \nu B_0 DR_{\text{sampler}}} \quad (10)$$

6 Calculation

Since the following parameter values differ depending on the channel under test, the calculation needs to be conducted at each channel by using the parameter values specific to each channel.

$P(\lambda_k)_{\text{OFA-in-ave}}$	Average input signal power, mW
$P(\lambda_k)^{\text{ASE}}_{\text{OSA-ave}}$	Average ASE power measured with the OSA, mW
$P(\lambda_k)^{\text{sig-OFA-out}}_{\text{OSA-ave}}$	Average output signal power from OFA measured with the OSA, mW
$\text{ASE}(\lambda_k, B_0)$	ASE power within the optical bandwidth of the OSA, mW
$\text{CAL}(\lambda_k)$	Calibration factor of the sampler plus OSA
$\text{ISO}(\lambda_k)_{\text{dyna-ave}}$	Average dynamic isolation, dB
$G(\lambda_k)$	Linear gain
$F(\lambda_k)_{\text{sig-sp}}$	Signal-spontaneous noise factor (expressed in linear form)
$\text{NF}(\lambda_k)_{\text{sig-sp}}$	Signal-spontaneous noise figure, dB

6.1 Noise factor calculation

Noise factor: $F_{\text{sig-sp}}$ at each channel at a wavelength λ is given by the following equations.

$$F_{\text{sig-sp}} = \frac{P_{\text{OSA-ave}}^{\text{ASE}}}{\text{CAL} \times G h \nu B_0 D R_{\text{sampler}}} \frac{\text{ISO}_{\text{dyna-ave}} \times P_{\text{OFA-in-ave}}}{h \nu_0 B_0 D R_{\text{source}}} \quad (8)$$

or

$$F_{\text{sig-sp}} = \frac{1}{\text{CAL} \times G h \nu B_0 D R_{\text{sampler}}} (P_{\text{OSA-ave}}^{\text{ASE}} - \text{ISO}_{\text{dyna-ave}} \times P_{\text{sig-OFA-out}}^{\text{sig-OFA-out}}_{\text{OSA-ave}}) \quad (9)$$

where

B_0 is the OSA resolution bandwidth in Hz,

h is Planck's constant

ν is the optical signal frequency in Hz.

NOTE The second terms in equations (8) and (9) are used to cancel the effect of the signal leakage in ASE measurement.

By measuring the ASE power distribution around the signal wavelength, the ASE power excluding the signal leakage at the signal wavelength can be estimated by an interpolation technique. $F_{\text{sig-sp}}$ can be given by equation (10)

$$F_{\text{sig-sp}} = \frac{P_{\text{OSA-ave-interpolated}}^{\text{ASE}}}{\text{CAL} \times G h \nu B_0 D R_{\text{sampler}}} \quad (10)$$

6.2 Puissance d'ESA

La puissance d'ESA à la sortie de l'AFO est donnée par l'équation (11) ou (12).

$$ASE(B_0) = \frac{P_{OSA-ave}^{ASE}}{CAL \times DR_{sampler}} - \frac{ISO_{dyna-ave}}{DR_{source}} G \times P_{OFA-in-ave} \quad (11)$$

ou

$$ASE(B_0) = \frac{1}{CAL \times DR_{sampler}} (P_{OSA-ave}^{ASE} - ISO_{dyna-ave} \times P_{sig-OFA-out-OSA-ave}^{sig-OFA-out}) \quad (12)$$

6.3 Calcul du gain

Le gain linéaire du signal est donné par les équations suivantes:

$$G = \frac{\{P_{sig-OFA-out-OSA-ave}^{sig-OFA-out} (1 + ISO_{dyna-ave}) - P_{OSA-ave}^{ASE}\} DR_{source}}{CAL \times P_{OFA-in-ave} \times DR_{sampler}} \quad (13)$$

ou

$$G = \frac{P_{sig-OFA-out-OSA-ave}^{sig-OFA-out} (1 + ISO_{dyna-ave}) - P_{OSA-ave}^{ASE}}{P_{sig-OFA-IN-OSA-ave}^{sig-OFA-IN}} \quad (14)$$

6.4 Puissance moyenne du signal en sortie

La puissance moyenne du signal en sortie est donnée par l'équation (15).

$$P_{OFA-out-ave} = \frac{\{P_{sig-OFA-out-OSA-ave}^{sig-OFA-out} (1 + ISO_{dyna-ave}) - P_{OSA-ave}^{ASE}\} DR_{source}}{CAL \times DR_{sampler}} \quad (15)$$

6.5 Calcul du facteur de bruit

Le facteur de bruit NF est obtenu à partir du facteur de bruit linéaire F à l'aide de l'équation (16)

$$NF = 10 \log(F) \quad (16)$$

7 Résultats des essais

Les détails suivants doivent être présentés pour chaque canal:

- Gamme de mesure de la longueur d'onde
- Largeur de ligne spectrale (FWHM) de la source optique
- Longueur d'onde du signal d'entrée: λ_k
- Largeur de bande optique d'ASO: B_o
- Indication de la puissance optique de la pompe (si applicable)
- Température ambiante

6.2 ASE power

ASE power at the OFA output is given by equation (11) or (12).

$$ASE(B_0) = \frac{P_{OSA-ave}^{ASE}}{CAL \times DR_{sampler}} - \frac{ISO_{dyna-ave}}{DR_{source}} G \times P_{OFA-in-ave} \quad (11)$$

or

$$ASE(B_0) = \frac{1}{CAL \times DR_{sampler}} (P_{OSA-ave}^{ASE} - ISO_{dyna-ave} \times P_{sig-OFA-out-OSA-ave}^{sig-OFA-out}) \quad (12)$$

6.3 Gain calculation

Signal linear gain is given by the following equations;

$$G = \frac{\{P_{sig-OFA-out-OSA-ave}^{sig-OFA-out} (1 + ISO_{dyna-ave}) - P_{OSA-ave}^{ASE}\} DR_{source}}{CAL \times P_{OFA-in-ave} \times DR_{sampler}} \quad (13)$$

or

$$G = \frac{P_{sig-OFA-out-OSA-ave}^{sig-OFA-out} (1 + ISO_{dyna-ave}) - P_{OSA-ave}^{ASE}}{P_{sig-OFA-IN-OSA-ave}^{sig-OFA-IN}} \quad (14)$$

6.4 Average output signal power

Average output signal power is given by equation (15).

$$P_{OFA-out-ave} = \frac{\{P_{sig-OFA-out-OSA-ave}^{sig-OFA-out} (1 + ISO_{dyna-ave}) - P_{OSA-ave}^{ASE}\} DR_{source}}{CAL \times DR_{sampler}} \quad (15)$$

6.5 Noise figure calculation

Noise figure NF is obtained from noise factor F by using equation (16).

$$NF = 10 \log(F) \quad (16)$$

7 Test results

The following details shall be presented for each channel:

- Wavelength range of the measurement
- Spectral linewidth (FWHM) of the optical source
- Input signal wavelength: λ_k
- OSA optical bandwidth: B_0
- Indication of the optical pump power (if applicable)
- Ambient temperature

- g) Intervalle entre impulsions: T_i , Largeur d'impulsion du signal: T_{source} , Largeur de l'échantillonneur: T_{sample}
- h) Puissance moyenne du signal à l'entrée: $P_{\text{OFA-in-ave}}$
- i) Puissance moyenne du signal en sortie: $P_{\text{OFA-out-ave}}$
- j) Gain linéaire, G
- k) Puissance d'ESA: $ASE(B_0)$
- l) Facteur de bruit linéaire: $F_{\text{sig-sp}}$ ou Facteur de bruit: $NF_{\text{sig-sp}}$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-10-1:2003

Withdrawn

- g) Pulse interval: T , Signal pulse width: T_{source} , Sampler width: T_{sample}
- h) Average input signal power: $P_{\text{OFA-in-ave}}$
- i) Average output signal power: $P_{\text{OFA-out-ave}}$
- j) Linear gain, G
- k) ASE power: $ASE(B_0)$
- l) Noise factor: $F_{\text{sig-sp}}$ or Noise figure: $NF_{\text{sig-sp}}$

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-10-1:2003

Withd2wn

Annexe A (informative)

Liste des abréviations

ESA	Emission spontanée amplifiée
RBR	Réflecteur de Bragg réparti (diode à laser)
RR	(diode à laser) à rétroaction répartie
LCE	Laser à cavité extérieure (diode)
DEL	Diode électroluminescente
AFO	Amplificateur à fibres optiques
ASO	Analyseur de spectre optique
MAO	Modulateur acousto-optique
OE	Onde entretenue
APC	Commande de puissance automatique
NF	Facteur de bruit
DR	Rapport cyclique
FWHM	Pleine largeur à mi-hauteur

Annex A (informative)

List of abbreviations

AOM	acousto-optic modulator
APC	automatic power control
ASE	amplified spontaneous emission
CW	continuous wave
DBR	distributed Bragg reflector (laser diode)
DFB	distributed feed-back (laser diode)
DR	duty ratio
ECL	external cavity laser (diode)
FWHM	full width at half maximum
LED	light emitting diode
NF	noise figure
OFA	optical fibre amplifier
OSA	optical spectrum analyzer

Withdrawing
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61290-10-1:2003