

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures –

Part 3-6: Examinations and measurements – Return loss

Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques –

Procédures fondamentales d'essais et de mesures –

Partie 3-6: Examens et mesures – Facteur d'adaptation



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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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

**Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures –
Part 3-6: Examinations and measurements – Return loss**

**Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques –
Procédures fondamentales d'essais et de mesures –
Partie 3-6: Examens et mesures – Facteur d'adaptation**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

U

ICS 33.180.20

ISBN 2-8318-7811-X

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Description générale	10
3.1 Méthode 1	12
3.2 Méthode 2	12
3.3 Méthode 3	12
3.4 Méthode 4	12
3.5 Sélection de la méthode de mesure de référence	14
4 Matériel et symboles	14
4.1 Dispositif en essai (DEE)	14
4.2 Méthode 1: mesures avec OCWR (réflectomètre à onde entretenue optique)	14
4.3 Méthode 2: mesures avec OTDR (réflectomètre optique dans le domaine temporel)	18
4.4 Méthode 3: mesures avec OLCR (réflectométrie optique de faible cohérence)	20
4.5 Méthode 4: mesures avec OFDR (réflectométrie dans le domaine des fréquences optiques)	22
5 Mode opératoire	26
5.1 Conditions d'injection	26
5.2 Préconditionnement	28
5.3 Accès de sortie du DEE	28
5.4 Méthode 1: mesures avec OCWR (réflectomètre à onde entretenue optique)	28
5.5 Méthode 2: mesures avec OTDR (réflectomètre optique dans le domaine temporel)	36
5.6 Méthode 3: mesures avec OLCR (réflectométrie optique de faible cohérence)	40
5.7 Méthode 4: mesures avec OFDR (réflectométrie dans le domaine des fréquences optiques)	42
6 Détails à spécifier	46
6.1 Mesure du facteur d'adaptation avec un OCWR (réflectomètre à onde entretenue optique)	46
6.2 Mesure du facteur d'adaptation avec un OTDR (réflectomètre optique dans le domaine temporel)	46
6.3 Mesure du facteur d'adaptation avec une OLCR (réflectométrie optique de faible cohérence)	48
6.4 Mesure du facteur d'adaptation avec une OFDR (réflectométrie optique dans le domaine des fréquences)	48
6.5 Procédure de mesure	50
Annexe A (informative) Comparaison de facteur d'adaptation détectable par quatre méthodes différentes	52
Figure 1 – Montage de mesure de la méthode OCWR du facteur d'adaptation	14
Figure 2 – Montage de mesure du facteur d'adaptation avec la méthode OTDR	18

CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope.....	11
2 Normative references.....	11
3 General description.....	11
3.1 Method 1	13
3.2 Method 2	13
3.3 Method 3	13
3.4 Method 4	13
3.5 Selection of reference measurement method	15
4 Apparatus and symbols.....	15
4.1 Device under test (DUT)	15
4.2 Method 1: measurements with OCWR.....	15
4.3 Method 2: measurements with OTDR.....	19
4.4 Method 3: measurements with OLCR.....	21
4.5 Method 4: measurements with a OFDR.....	23
5 Procedure.....	27
5.1 Launch conditions.....	27
5.2 Pre-conditioning	29
5.3 DUT output port.....	29
5.4 Method 1: measurement with OCWR.....	29
5.5 Method 2: measurement with OTDR.....	37
5.6 Method 3: measurement with OLCR.....	41
5.7 Method 4: measurements with OFDR.....	43
6 Details to be specified.....	47
6.1 Return loss measurement with OCWR.....	47
6.2 Return loss measurement with OTDR.....	47
6.3 Return loss measurement with OLCR.....	49
6.4 Return loss measurement with OFDR.....	49
6.5 Measurement procedure.....	51
Annex A (informative) Comparison of return loss detectable by four different methods	53
Figure 1 – Measurement set-up of return loss OCWR method.....	15
Figure 2 – Measurement set-up of return loss with OTDR method.....	19

Figure 3 – Montage de mesure du facteur d'adaptation avec la méthode OLCR	22
Figure 4 – Montage de mesure du facteur d'adaptation avec la méthode OFDR	24
Figure 5 – Montage de mesure de la puissance réfléchie par le système.....	28
Figure 6 – Montage de mesure du coefficient de transfert du dispositif de couplage.....	30
Figure 7 – Montage de mesure du rapport de division du dispositif de couplage.....	30
Figure 8 – Montage de mesure du facteur d'adaptation avec un OCWR	32
Figure 9 – Tracé OTDR typique de la réponse à une réflexion	36
Figure A.1 – Comparaison de la puissance réfléchie détectable, de la résolution et de la distance mesurable pour quatre méthodes de mesure du facteur d'adaptation	52
Tableau 1 – Diamètres de mandrins	26
Tableau 2 – Conditions d'injection ultra restrictives.....	26
Tableau 3 – Paramètres OTDR pour certaines durées d'impulsion.....	38
Tableau 4 – Exemple de données du système et plage dynamique applicable.....	44

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61300-3-6:2003

Figure 3 – Measurement set-up of return loss with OLCR method	23
Figure 4 – Measurement set-up of return loss with OFDR method	25
Figure 5 – Measurement set-up of the system reflected power	29
Figure 6 – Measurement set-up of the branching device transfer coefficient	31
Figure 7 – Measurement set-up of the splitting ratio of the branching device	31
Figure 8 – Measurement set-up of return loss with an OCWR	33
Figure 9 – Typical OTDR trace of the response to a reflection	37
Figure A.1 – Comparison of detectable return loss, resolution and measurable distance for four return loss measurement methods	53
Table 1 – Mandrel diameter sizes	27
Table 2 – Ultra-restrictive launch conditions	27
Table 3 – OTDR parameters for some pulse duration	39
Table 4 – Example of system data and relevant dynamic range	45

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS D'INTERCONNEXION ET COMPOSANTS PASSIFS À FIBRES OPTIQUES – MÉTHODES FONDAMENTALES D'ESSAIS ET DE MESURES –

Partie 3-6: Examens et mesures – Facteur d'adaptation

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 Norme internationale CEI 61300-3-6 a été établie par le sous-comité 86B: Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Cette seconde édition annule et remplace la première édition publiée en 1997 ainsi que ses amendements 1 (1998) et 2 (1999). Cette édition constitue une révision technique. Les changements majeurs incluent trois méthodes ajoutées pour la mesure du facteur d'adaptation.

Cette version bilingue, publiée en 2005-01, correspond à la version anglaise.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FIBRE OPTIC INTERCONNECTING DEVICES
AND PASSIVE COMPONENTS –
BASIC TEST AND MEASUREMENT PROCEDURES –****Part 3-6: Examinations and measurements – Return loss**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61300-3-6 has been prepared by subcommittee 86B: Fibre optic interconnecting devices and passive components, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1997 and its amendments 1 (1998) and 2 (1999). This edition constitutes a technical revision. The significant changes include three methods added for the measurement of return loss.

This bilingual version, published in 2005-01, corresponds to the English version.

Le texte anglais de cette norme est basé sur les documents 86B/1778/FDIS et 86B/1832/RVD. Le rapport de vote 86B/1832/RVD donne toute l'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.

CEI 61300 comprend les parties suivantes, regroupées sous le titre général *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures* :

Partie 1: Généralités et guide

Partie 2: Essais

Partie 3: Examens et mesures

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

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

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

FDIS	Report on voting
86B/1778/FDIS	86B/1832/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.

The French version of this standard has not been voted upon.

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

IEC 61300 consists of the following parts, under the general title *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures*:

- Part 1: General and guidance
- Part 2: Tests
- Part 3: Examinations and measurements

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

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

DISPOSITIFS D'INTERCONNEXION ET COMPOSANTS PASSIFS À FIBRES OPTIQUES – MÉTHODES FONDAMENTALES D'ESSAIS ET DE MESURES –

Partie 3-6: Examens et mesures – Facteur d'adaptation

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61300 présente des procédures pour la mesure du facteur d'adaptation d'un dispositif à fibres optiques en essai (DEE). Le facteur d'adaptation (RL, *return loss*), tel qu'il est utilisé dans cette norme, est le rapport de la puissance (P_i) incidente sur le DEE ou à l'entrée de ce dernier, à la puissance totale réfléchie (P_r) par le DEE, exprimée en décibels:

$$RL = -10 \cdot \log \left(\frac{P_r}{P_i} \right) \quad (1)$$

Le facteur d'adaptation est une valeur numérique positive.

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 60793-2 (toutes les parties), *Fibres optiques – spécifications de produits*

CEI 61300-1, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Procédures fondamentales d'essais et de mesures – Partie 1: Généralités et guide*

CEI 61300-3-1, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 3-1: Examens et mesures – Examen visuel*

CEI 61300-3-39, *Dispositifs d'interconnexion et composants passifs à fibres optiques – Méthodes fondamentales d'essais et de mesures – Partie 3-39: Examens et mesures – Choix d'une fiche de référence pour connecteur optique PC*

3 Description générale

Quatre méthodes seront présentées pour la mesure du facteur d'adaptation:

- mesure avec un réflectomètre à onde entretenue optique (OCWR, *optical continuous wave reflectometer*) (méthode 1);
- mesure avec un réflectomètre optique dans le domaine temporel (OTDR, *optical time domain reflectometer*) (méthode 2);

FIBRE OPTIC INTERCONNECTING DEVICES AND PASSIVE COMPONENTS – BASIC TEST AND MEASUREMENT PROCEDURES –

Part 3-6: Examinations and measurements – Return loss

1 Scope

This part of IEC 61300 presents procedures for the measurement of the return loss (RL) of a fibre optic device under test (DUT). RL, as used in this standard, is the ratio of the power (P_i) incident on, or entering, the DUT to the total power reflected (P_r) by the DUT, expressed in decibels:

$$RL = -10 \cdot \log\left(\frac{P_r}{P_i}\right) \quad (1)$$

Return loss is a positive number.

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 60793-2 (all parts) *Optical fibres – Product specifications*

IEC 61300-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 1: General and guidance*

IEC 61300-3-1, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-1: Examinations and measurements – Visual examination*

IEC 61300-3-39, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-39: Examinations and measurements – PC optical connector reference plug selection*

3 General description

Four methods will be presented for measuring optical return loss:

- measurement with an optical continuous wave reflectometer (OCWR) (method 1);
- measurement with an optical time domain reflectometer (OTDR) (method 2);

- mesure avec une réflectométrie optique de faible cohérence (OLCR, *optical low coherence reflectometry*) (méthode 3);
- mesure avec une réflectométrie optique dans le domaine des fréquences (OFDR, *optical frequency domain reflectometry*) (méthode 4).

Ces quatre méthodes de mesure comportent différentes caractéristiques et différentes applications en termes de résolution spatiale et de facteur d'adaptation détectable (en Annexe A, une comparaison de facteurs d'adaptation détectables par les quatre différentes méthodes est consignée).

3.1 Méthode 1

Cette technique est la plus proche de la définition théorique du facteur d'adaptation donné par l'équation (1). Elle mesure directement la puissance incidente et la puissance réfléchie. Elle n'est pas affectée par le traitement des données instrumentales et elle donne les valeurs de mesure absolues, qui ne sont pas relatives à une réflexion de référence (technique A). Cette méthode a certains facteurs limites: elle ne peut pas résoudre spatialement deux réflexions différentes sur la ligne et sa plage dynamique est limitée par les caractéristiques du dispositif de couplage et par la capacité à supprimer les réflexions au-dessus de celle du DEE.

3.2 Méthode 2

Cette méthode permet la mesure du facteur d'adaptation à partir des points de réflexion sur une ligne optique, avec une résolution spatiale dans la gamme du mètre et avec une plage dynamique de plus de 75 dB (en fonction de la largeur d'impulsion) en utilisant un instrument d'OTDR.

La méthode de mesure de l'OTDR est très adaptée pour les mesures de champ où il est nécessaire de mesurer les facteurs d'adaptation sur de longues lignes optiques.

3.3 Méthode 3

L'objet de cette méthode est de mesurer les profils de réflexion des dispositifs optiques monomodaux avec une résolution spatiale du micromètre et une plage dynamique élevée (> 90 dB) en utilisant une interférence optique de faible cohérence.

Le profil de réflexion est défini comme une répartition de réflexions aux d'extrémités individuelles et/ou aux points connectés dans des dispositifs optiques monomodaux. Lorsque la réflexion à un point particulier est $-R$ (dB), le facteur d'adaptation au niveau de ce point est donné par R (dB). Cette méthode mesure la réflexion en un point en détectant la puissance d'un signal de batttement produit par une interférence optique entre la lumière réfléchie et la lumière de référence. Lorsque l'on analyse un composant avec des réflexions dispersées, chaque réflexion peut être identifiée et localisée, à condition que la séparation entre elles soit supérieure à la résolution spatiale du système de mesure.

3.4 Méthode 4

L'objet de cette procédure est de mesurer le facteur d'adaptation des dispositifs optiques monomodaux avec une résolution spatiale dans la gamme des centimètres et une gamme dynamique élevée (> 70 dB) en utilisant la réflectométrie optique dans le domaine des fréquences.

L'un des principaux avantages de cette technique est la possibilité de différencier dans l'espace la réflexion désirée des autres réflexions non désirées, telles que toutes celles des connecteurs ou accès sans dispositifs de terminaison du DEE, sans aucune zone morte. De plus, la méthode OFDR est très fiable et le matériel peut être compact.

- measurement with an optical low coherence reflectometry (OLCR) (method 3);
- measurement with an optical frequency domain reflectometry (OFDR) (method 4).

These four measurement methods have different characteristics and different applications in terms of spatial resolution and detectable RL (in annex A a comparison of return loss detectable by the four different methods is reported).

3.1 Method 1

This technique is the nearest to the theoretical definition of return loss given by equation (1). It measures directly the incident power and the reflected power. It is not affected by instrumental data processing and it gives absolute measurement values, which are not relative to a reference reflection (technique A). This method has some limiting factors: it cannot spatially resolve two different reflections on the line and its dynamic range is limited by the characteristics of the branching device and by the ability to suppress the reflections beyond the one from the DUT.

3.2 Method 2

This method allows measurement of RL from reflection points on an optical line, with a spatial resolution in the metre range and with a dynamic range of more than 75 dB (depending on the pulse width) using an OTDR instrument.

The OTDR measurement method is very suitable for field measurements where it is necessary to measure RLs on long optical lines.

3.3 Method 3

The purpose of this method is to measure reflection profiles of single-mode optical devices with a micrometre spatial resolution and a high dynamic range (>90 dB) by using optical low-coherence interference.

The reflection profile is defined as a distribution of reflections at individual end-faces and/or connected points in single-mode optical devices. When the reflection at a particular point is $-R$ (dB), the return loss at this point is given by R (dB). This method measures the reflection at a point by detecting the power of a beat signal produced by optical interference between the reflected light and the reference light. When a component with dispersed reflections is analysed, each reflection can be identified and located, provided their separation is greater than the spatial resolution of the measurement system.

3.4 Method 4

The purpose of this procedure is to measure the return loss of single-mode optical devices with a spatial resolution in the centimetre range and high dynamic range (>70 dB) by using optical frequency domain reflectometry

One of the prime benefits of this technique is the ability to spatially resolve the desired reflection from undesired ones, such as all of the connectors or unterminated ports on the DUT, without any dead zone. Moreover, the OFDR method is highly reliable and the apparatus can be compact.

La mesure dans le domaine des fréquences est fondée sur la capacité à convertir des informations dans le domaine temporel au moyen d'une transformée inverse de Fourier. De cette manière, avec une source modulée comprise entre quelques kHz et 1 GHz, il est possible de résoudre deux points de réflexion sur une ligne optique séparée de quelques centimètres.

3.5 Sélection de la méthode de mesure de référence

Du fait des différentes caractéristiques de ces méthodes, et leurs différents champs d'application, la méthode de référence dépend du type de DEE. Pour le composant avec facteur d'adaptation ≤ 55 dB la référence est la méthode 1, pour le composant avec facteur d'adaptation > 55 dB, la référence est la méthode 2 en utilisant une durée d'impulsion inférieure à 100 ns. Dans les cas dans lesquels il est nécessaire de résoudre davantage de points de réflexion séparés par une distance inférieure à 5 m, la référence doit être la méthode 3.

4 Matériel et symboles

4.1 Dispositif en essai (DEE)

Lorsque le DEE est le connecteur monté sur une extrémité d'un composant, la fiche d'accouplement de référence doit être considérée comme la moitié de la connexion du DEE du côté de la liaison temporaire (TJ, *temporary joint*) et doit avoir le même fini de face terminale et la même performance minimale que les connecteurs à mesurer.

Lorsque le DEE est un ensemble de composants entiers terminés par des fibres amorcées avec ou sans connecteurs, alors les fiches de référence avec fibres amorcées et, le cas échéant, des raccords de référence doivent être ajoutés à ces accès avec des terminaisons de connecteur de façon à former des ensembles complets de connecteurs avec fibres amorcées. Les fiches d'accouplement de référence doivent alors être considérées comme la moitié de la TJ et avoir le même fini de face terminale et la même performance minimale que les connecteurs à mesurer. Tous les accès non utilisés doivent être terminés comme indiqué en 4.2.5.

Sauf spécification contraire, les fiches de référence doivent satisfaire à la CEI 61300-3-39. Les raccords de référence doivent satisfaire aux dimensions appropriées d'interface de connecteur CEI et s'assurer d'un degré élevé de répétabilité et de reproductibilité. On recommande que les raccords d'essai soient essayés et visuellement contrôlés après chaque série de 100 accouplements et remplacés après 500 accouplements.

4.2 Méthode 1: mesures avec OCWR (réflectomètre à onde entretenue optique)

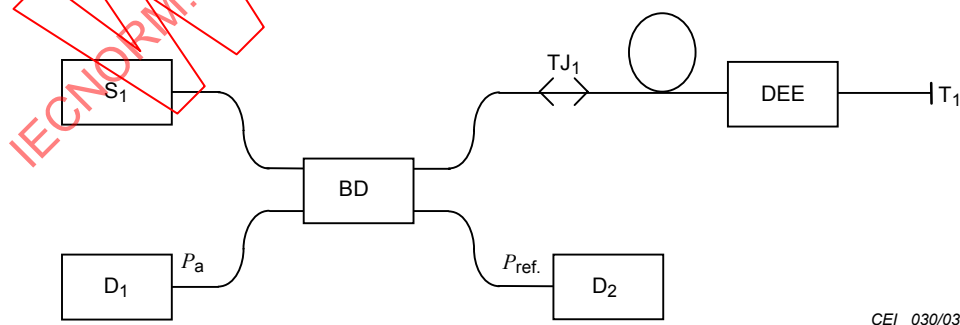


Figure 1 – Montage de mesure de la méthode OCWR du facteur d'adaptation

Measurement in the frequency domain is based on the ability to convert information in the time domain by means of an inverse Fourier transform. In this way with a source modulated from some kHz to 1 GHz, it is possible to resolve two reflective points on an optical line separated by some centimetres.

3.5 Selection of reference measurement method

Due to the different characteristics of these methods, and their different application fields, the reference method depends on the type of DUT. For a component with $RL \leq 55$ dB the reference is method 1, for a component with $RL > 55$ dB the reference is method 2 using a pulse duration less than 100 ns. In cases in which it is necessary to resolve more reflection points separated by a distance of less than 5 m, the reference shall be method 3.

4 Apparatus and symbols

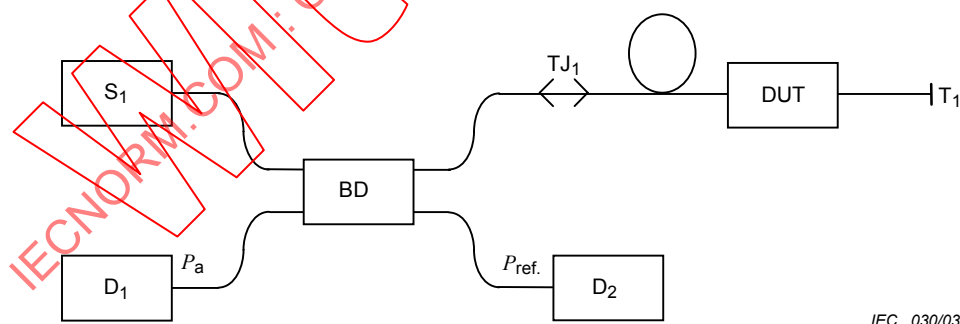
4.1 Device under test (DUT)

Where the DUT is the mounted connector on one end of a component, the reference mating plug shall be considered one-half of the DUT connection on the temporary joint (TJ) side and have the same end-face finish and minimum performance as the connectors to be measured.

Where the DUT is an entire component assembly terminated with pigtails with or without connectors, reference plugs with pigtails and, as required, reference adapters are to be added to those ports with connector terminations so as to form complete connector assemblies with pigtails. Reference mating plugs shall then be considered one-half of the TJ and have the same end-face finish and minimum performance as the connectors to be measured. All unused ports shall be terminated as stated in 4.2.5.

Unless otherwise specified, reference plugs shall meet IEC 61300-3-39. The reference adapters shall meet the appropriate IEC connector interface dimensions and ensure a high degree of repeatability and reproducibility. It is recommended that the test adapters be tested and visually inspected after every 100 matings and replaced after 500 matings.

4.2 Method 1: measurements with OCWR



IEC 030/03

Figure 1 – Measurement set-up of return loss OCWR method

Le circuit de la Figure 1 est représentatif, mais n'est pas le seul circuit qui peut être utilisé pour la mesure OCWR du facteur d'adaptation. Les exigences sont que les valeurs mesurées satisfassent aux deux conditions suivantes:

- P_a (puissance mesurée par le détecteur D_1) doit être proportionnelle à la puissance réfléchie par le DEE, P_r , plus le facteur d'adaptation provenant du circuit de mesure à l'extérieur du DEE, P_0 :

$$P_a = C_1 P_r + P_0 \quad (\text{mW}) \quad (2)$$

- P_{ref} (puissance mesurée par le détecteur D_2) doit être proportionnelle à la puissance incidente sur le DEE, P_i :

$$P_{\text{ref}} = C_2 P_i \quad (\text{mW}) \quad (3)$$

où

P_r est la puissance réfléchie par le DEE (équation (1));

P_i est la puissance incidente sur le DEE (équation (1));

P_0 est la puissance réfléchie par le système provenant du circuit de mesure;

C_1 est le coefficient de transfert du dispositif de couplage;

C_2 est le rapport de division du dispositif de couplage.

Une liste des éléments d'appareillage et de composants utilisés pour la mesure du facteur d'adaptation mettant en œuvre un OCWR (voir la Figure 1) figure ci-dessus.

4.2.1 Dispositif de couplage (BD)

Le rapport de division du BD doit être stable et être insensible à la polarisation ($< 0,1$ dB). La directivité doit être au moins de 10 dB plus élevée que le facteur d'adaptation maximal devant être mesuré (voir 5.4.4).

4.2.2 Détecteur (D1, D2 et D3)

Le détecteur comprend un détecteur optique, les éléments électroniques associés et un moyen de connexion à une fibre optique. Il est permis que la connexion optique soit un réceptacle pour connecteur optique, une fibre amorce ou un adaptateur de fibre nue.

Les détecteurs sont linéaires. Cependant, étant donné que toutes les mesures sont différentielles, il n'est pas nécessaire que l'étalonnage soit absolu. On doit veiller à supprimer la puissance réfléchie par le détecteur D_2 pendant la mesure.

Si pendant la séquence de mesures, un détecteur est déconnecté puis reconnecté, l'efficacité du couplage doit être maintenue pour les deux mesures.

4.2.3 Source (S_1 et S_2)

La source est composée d'un émetteur optique, de l'électronique de commande associée, d'une unité d'excitation et d'un connecteur pour fibre optique ou d'une fibre amorce. Il est permis d'utiliser une seconde source S_2 pour l'étalonnage, comme illustré à la Figure 6. Si une seconde source est utilisée, la longueur d'onde centrale et la largeur spectrale de S_2 doivent être les mêmes que celles de S_1 .

The circuit in Figure 1 is representative of, but is not the only, circuit that may be used for OCWR return loss measurement. The requirements are that the values measured satisfy the following two conditions:

- P_a (power measured by the detector D_1) shall be proportional to the power reflected from the DUT, P_r , plus the reflected power originating in the measurement circuit outside of the DUT, P_0 :

$$P_a = C_1 P_r + P_0 \quad (\text{mW}) \quad (2)$$

- P_{ref} (power measured by the detector D_2) shall be proportional to the power incident on the DUT, P_i :

$$P_{\text{ref}} = C_2 P_i \quad (\text{mW}) \quad (3)$$

where

P_r is the power reflected from the DUT (equation (1));

P_i is the power incident on the DUT (equation (1));

P_0 is the system reflected power originating in the measurement circuit;

C_1 is the branching device transfer coefficient;

C_2 is the splitting ratio of the branching device.

The following is a list of the apparatus and components used in the measurement of return loss using an OCWR (see Figure 1).

4.2.1 Branching device (BD)

The splitting ratio of the BD shall be stable and be insensitive to polarization (<0,1 dB). The directivity shall be at least 10 dB higher than the maximum return loss to be measured (see 5.4.4).

4.2.2 Detector (D1, D2 and D3)

The detector used consists of an optical detector, the associated electronics, and a means of connecting to an optic fibre. The optical connection may be a receptacle for an optical connector, a fibre pigtail or a bare fibre adapter.

The detectors are linear. Since all of the measurements are differential, however, it is not necessary that the calibration be absolute. Care shall be taken to suppress the reflected power from the detector D_2 during the measurement.

Where, during the sequence of measurements, a detector is disconnected and reconnected, the coupling efficiency for the two measurements shall be maintained.

4.2.3 Source (S_1 and S_2)

The source consists of an optical emitter, associated drive electronics, an excitation unit, and a fibre connector or fibre pigtail. A second source S_2 may be used for calibration, as illustrated in Figure 6. Where a second source is used, the central wavelength and spectral width of S_2 shall be the same as S_1 .

4.2.4 Liaison temporaire (TJ)

Une liaison temporaire est effectuée pour connecter le DEE dans le circuit de mesure. Les liaisons temporaires peuvent être, par exemple, un connecteur, une épissure, un dispositif de succion ou un micromanipulateur. L'atténuation de la TJ doit être stable et le facteur d'adaptation de la TJ doit être au moins 10 dB plus élevée que le facteur d'adaptation maximal à mesurer (voir 5.4.4).

Si un facteur d'adaptation supérieur à 50 dB doit être mesuré, une épissure par fusion est recommandée afin de garantir la précision de mesure prescrite.

4.2.5 Terminaisons (T)

Les dispositifs de terminaison des fibres marqués T doivent avoir un facteur d'adaptation élevé. Trois types de terminaisons sont recommandés:

- extrémités de fibre à angles: la valeur de l'angle dépend du type de fibre; cependant elle doit être supérieure à 12°;
- l'application d'un produit adaptateur d'indice sur l'extrémité de la fibre;
- affaiblissement dans la fibre, par exemple avec un enroulement sur mandrin (non applicable aux fibres multimodales).

Si l'affaiblissement est utilisé comme dispositif de terminaison, il est permis de l'appliquer entre les composants. Par exemple, il est permis d'effectuer la mesure de P_0 de la Figure 5 en appliquant un affaiblissement entre TJ₁ et le DEE de la Figure 8.

Le facteur d'adaptation pour le dispositif de terminaison de la fibre doit être d'au moins 20 dB plus élevé que le facteur d'adaptation maximal devant être mesuré.

Dans le cas où un facteur d'adaptation supérieur à 50 dB doit être mesuré, "l'affaiblissement dans la fibre" comme technique de terminaison est conseillé afin de garantir la précision de mesure exigée.

4.3 Méthode 2: mesures avec OTDR (réflectomètre optique dans le domaine temporel)

Le montage de mesure pour la mesure du facteur d'adaptation par l'utilisation d'un OTDR est illustré à la Figure 2. Une liste des éléments d'appareillage et de composants utilisés pour la mesure est donnée ci-dessous.

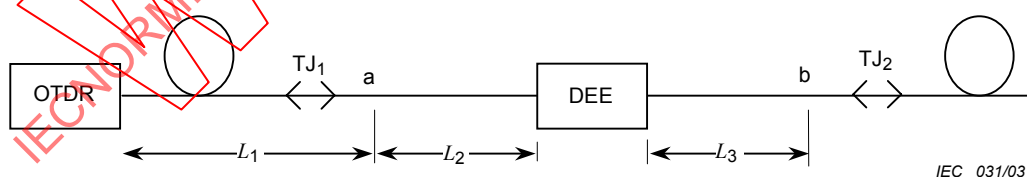


Figure 2 – Montage de mesure du facteur d'adaptation avec la méthode OTDR

4.3.1 Réflectomètre optique dans le domaine temporel (OTDR)

Instrument capable de mesurer la puissance optique rétrodiffusée le long d'une fibre en fonction du temps. Avec cet instrument, il est possible de mesurer plusieurs caractéristiques d'une ligne optique (affaiblissement, perte d'épissure, emplacement d'épissure, uniformité de fibre, cassures) en regardant la fibre d'une seule extrémité. Le facteur d'adaptation à partir d'une discontinuité dans la fibre est un des paramètres qui peut être mesuré.

Un atténuateur placé à l'entrée réceptrice de l'OTDR peut être nécessaire pour réduire la puissance optique à un niveau qui ne sature pas le récepteur de l'OTDR (voir 5.5.4).

4.2.4 Temporary joint (TJ)

A temporary joint is a joint that is made to connect the DUT into the measurement circuit. Examples of temporary joints are a connector, splice, vacuum chuck or micro-manipulator. The loss of the TJ shall be stable and the TJ shall have a return loss of at least 10 dB greater than the maximum return loss to be measured (see 5.4.4).

Where a return loss greater than 50 dB is to be measured, a fusion splice is advised in order to guarantee the prescribed measurement precision.

4.2.5 Termination (T)

Fibre terminations marked T shall have a high return loss. Three types of terminations are suggested:

- angled fibre ends: the value of the angle depends on the fibre type; however, it shall be higher than 12°;
- the application of an index match material to the fibre end;
- attenuation in the fibre, for example, with a mandrel wrap (not applicable to multimode fibre).

Where attenuation is used as a termination, it may be applied between components. For example, the measurement of P_0 in Figure 5 may be made by applying attenuation between TJ₁ and the DUT in Figure 8.

The fibre termination shall have a return loss of at least 20 dB greater than the maximum return loss to be measured.

Where a return loss greater than 50 dB is to be measured, the “attenuation in the fibre” termination technique is advised in order to guarantee the prescribed measurement precision.

4.3 Method 2: measurements with OTDR

The measurement set up for the RL measurement using an OTDR is shown in Figure 2. The following is a list of the apparatus and components used in the measurement.

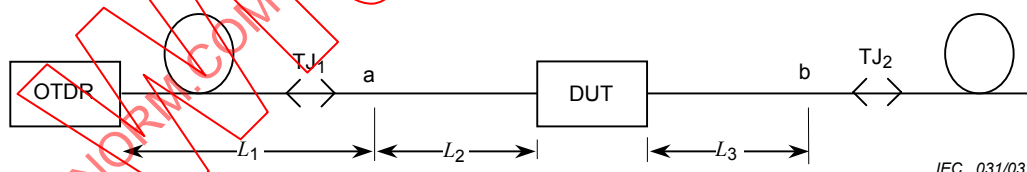


Figure 2 – Measurement set-up of return loss with OTDR method

4.3.1 Optical time domain reflectometer (OTDR)

An instrument able to measure the optical power backscattered along a fibre as a function of time. With this instrument it is possible to measure several characteristics of an optical line (attenuation, splice loss, splice location, fibre uniformity, breaks) by looking at the fibre from only one end. The return loss from a discontinuity in the fibre is one of the parameters that can be measured.

An attenuator at the OTDR receiver input may be required to reduce the optical power to a level that does not saturate the OTDR receiver (see 5.5.4).

4.3.2 Sections de fibre (L_1 , L_2 et L_3)

Sections de fibre qui doivent être incluses dans une mesure avec l'OTDR. La section L_1 est nécessaire par la plupart des OTDRs pour permettre une séparation entre l'OTDR et les événements à mesurer. Les sections L_2 et L_3 offrent l'espace nécessaire pour que l'OTDR effectue la mesure du facteur d'adaptation du DEE. La fibre entre les points "a" et "b" doit avoir le même coefficient de rétrodiffusion (voir équation (15)).

Si le DEE est terminé avec des connecteurs, les connecteurs font partie du DEE, ils doivent se trouver entre les sections L_2 et L_3 .

4.3.3 Liaisons temporaires (TJ)

Une liaison temporaire est effectuée pour connecter le DEE dans le circuit de mesure. Les liaisons temporaires peuvent être, par exemple, un connecteur, une épissure, un dispositif de succion ou un micromanipulateur. Les liaisons temporaires doivent être en dehors de la zone "a"- "b". L'atténuation de la TJ doit être stable et son facteur d'adaptation doit être suffisamment élevé de sorte qu'il n'affecte pas le tracé OTDR dans la zone de mesure.

Dans le cas où les liaisons temporaires TJ_1 ou TJ_2 se trouvent entre "a" et "b", la valeur absolue de la perte de ces liaisons mesurée par une mesure de l'OTDR sur une voie doit être inférieure à $0,10 H$ (voir 5.5.4). Pour obtenir cette faible valeur H , il peut être nécessaire de travailler plusieurs combinaisons différentes de fibres, afin d'adapter les caractéristiques de rétrodiffusion des fibres amorces attachées au DEE.

4.4 Méthode 3: mesures avec OLCR (réflectométrie optique de faible cohérence)

La description de l'appareillage illustré à la Figure 3 indique uniquement le principe de la méthode.

NOTE Il est nécessaire, pour un système de mesure réel, d'appliquer diverses modifications, par exemple pour réaliser une mesure indépendamment de l'état de polarisation du signal rétro-réfléchi.

L'appareillage est constitué par les éléments suivants.

4.4.1 Source lumineuse (S)

La source est une source lumineuse à large bande (émission longitudinale de DEL) avec une sortie de fibre.

4.4.2 Dispositif de couplage (BD)

Le dispositif de couplage sépare la puissance optique entre la source et les accès de signaux et de référence, et couple la puissance lumineuse entre ces accès dans le détecteur.

4.4.3 Ligne de retard optique (ODL)

L'ODL modifie de façon linéaire le temps de retard de la lumière de référence.

Une ODL classique est composée d'un collimateur (L) permettant la mise en parallèle du faisceau lumineux et d'un réflecteur (R) monté sur un étage de transposition.

4.3.2 Fibre sections (L_1 , L_2 and L_3)

Sections of fibre that are to be included in an OTDR measurement. Section L_1 is required by most OTDRs to provide separation between the OTDR and the events to be measured. Sections L_2 and L_3 provide the space required for the OTDR to resolve the measurement of the return loss of the DUT. The fibre between points “a” and “b” shall have the same backscatter coefficient (see equation (15)).

Where the DUT is terminated with connectors, the connectors are part of the DUT, they shall fall between sections L_2 and L_3 .

4.3.3 Temporary joints (TJ)

A temporary joint is a joint that is made to connect the DUT into the measurement circuit. Examples of temporary joints are a connector, splice, vacuum chuck, or micromanipulator. The temporary joints shall be out of the “a”-“b” zone. The loss of the TJ shall be stable and shall have an RL sufficiently high that it does not affect the OTDR trace in the measurement zone.

In the case in which the temporary joints TJ_1 or TJ_2 fall between “a” and “b”, the absolute value of the loss of these joints as measured by a one-way OTDR measurement shall be less than $0,10 H$ (see 5.5.4). To obtain this low H value, it may be necessary to work with several different fibre combinations to match the backscatter characteristics of the pigtails attached to the DUT.

4.4 Method 3: measurements with OLCR

The description of the apparatus shown in Figure 3 indicates only the principle of the method.

NOTE A practical measuring system needs to use various modifications, for example, to make a measurement independently of the state of polarization of the returning signal.

The apparatus consists of the following.

4.4.1 Light source (S)

The source is a broadband light source (LED edge emitting) with a fibre output.

4.4.2 Branching device (BD)

The BD splits light power from the source to the signal and reference ports and couples light power from those ports into the detector.

4.4.3 Optical delay line (ODL)

The ODL changes the time delay of the reference light linearly.

A conventional ODL is composed of a collimator (L) to make the light beam parallel, and a reflector (R) mounted on a translation stage.

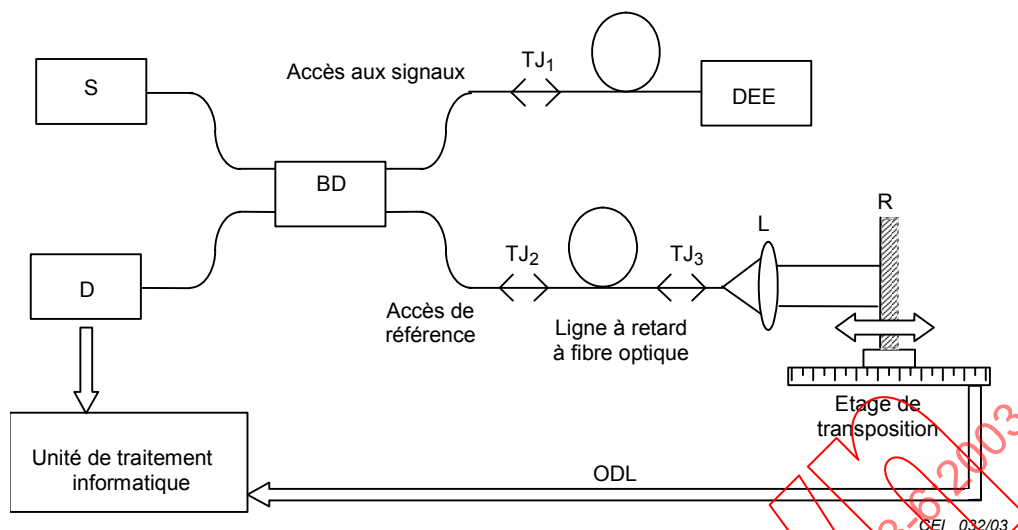


Figure 3 – Montage de mesure du facteur d'adaptation avec la méthode OLCR

4.4.4 Détecteur optique (D)

Le détecteur doit être connecté à une extrémité de sortie du dispositif de couplage.

On doit utiliser un détecteur présentant une gamme dynamique suffisante. Le courant photo-électrique du détecteur est injecté dans l'unité de traitement informatique.

4.4.5 Liaison temporaire (TJ)

Une liaison temporaire est effectuée pour connecter le DEE dans le circuit de mesure. Les liaisons temporaires peuvent être, par exemple, un connecteur, une épissure, un dispositif de succion ou un micromanipulateur. La perte de la TJ doit être stable.

4.4.6 Unité de traitement informatique

L'unité de traitement informatique collecte et traite les données provenant de D et contrôle le retard optique de la lumière de référence.

4.5 Méthode 4: mesures avec OFDR (réflectométrie dans le domaine des fréquences optiques)

Le montage expérimental utilisant l'OFDR est illustré à la Figure 4 et est constitué par les composants suivants.

4.5.1 Analyseur de réseau RF

L'analyseur de réseau RF est un analyseur de réseau vectoriel capable de mesurer à la fois l'intensité et la phase de la puissance réfléchi. La dérive de fréquence de RF doit être réduite en fonction de la précision de mesure.

4.5.2 Têtes optiques – Source (S) et récepteur (D)

Un émetteur optique à la longueur d'onde spécifiée et un détecteur optique, tous deux avec électronique de commande associée correctement et des moyens de connexion à l'analyseur de réseau et aux fibres optiques respectivement. La gamme dynamique du montage de mesure doit être au moins supérieure de 5 dB au RL minimal à mesurer. La gamme dynamique du système est définie comme la différence entre le signal le plus important, c'est-à-dire 0 dB et le signal 3 dB au-dessus du plancher de bruit mesuré dans le domaine temporel.

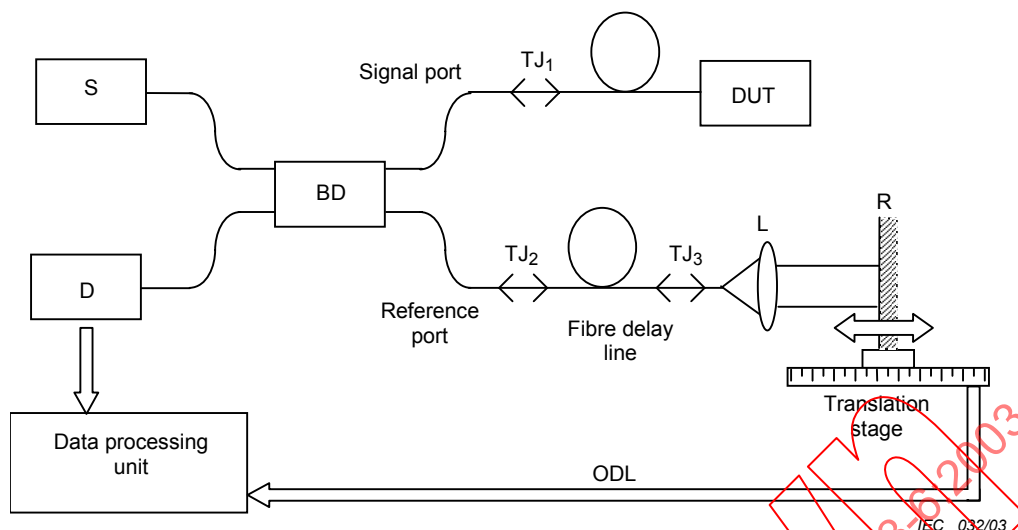


Figure 3 – Measurement set-up of return loss with OLCR method

4.4.4 Optical detector (D)

The detector shall be connected to an output end of the branching device.

A detector shall be used, which has sufficient dynamic range. The photocurrent of the detector is fed into the data processing unit.

4.4.5 Temporary joint (TJ)

A temporary joint is a joint that is made to connect the DUT into the measurement circuit. Examples of temporary joints are a connector, splice, vacuum chuck, or micro-manipulator. The loss of the TJ shall be stable.

4.4.6 Data processing unit

The data processing unit collects and processes data from D and controls the optical delay of the reference light.

4.5 Method 4: measurements with a OFDR

The experimental set-up using the OFDR is illustrated in Figure 4 and is formed by the following components.

4.5.1 RF network analyser

The RF network analyser is a vector network analyser able to measure both the intensity and the phase of the reflected power. The RF frequency drift shall be minimized in line with the measurement accuracy.

4.5.2 Optical heads – Source (S) and receiver (D)

An optical emitter at the specified wavelength and an optical detector, both with their properly associated drive electronics and means of connecting to the network analyser and to optical fibres, respectively. The dynamic range of the measurement set-up shall be at least 5 dB greater than the minimum RL to be measured. The system dynamic range is defined as the difference between the largest signal, i.e. 0 dB, and the signal 3 dB above the noise floor as measured in the time domain.

Les facteurs suivants peuvent donner lieu à une source potentielle d'erreurs et affecter l'incertitude de mesure:

- dérive de longueur d'onde du laser avec la température;
- gamme de puissance du facteur d'adaptation au-dessus de laquelle le détecteur est linéaire;
- sensibilité de polarisation.

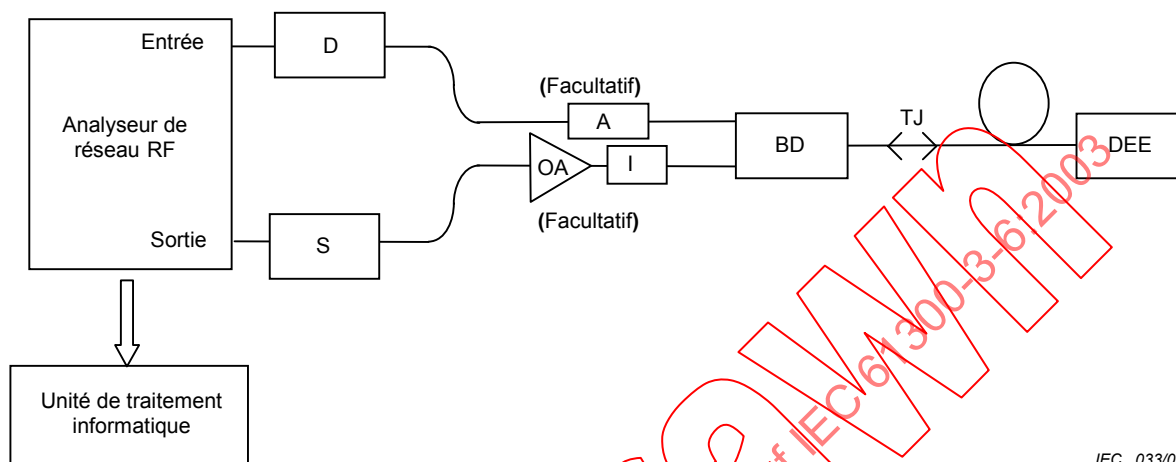


Figure 4 – Montage de mesure du facteur d'adaptation avec la méthode OFDR

4.5.3 Affaiblisseur optique variable (A) (facultatif)

Dans les cas où la réflexion utilisée comme référence et celle qui est mesurée sont très différentes, la réponse du détecteur optique peut ne pas être suffisamment linéaire sur toute la plage de mesures. Dans ce cas, il peut être nécessaire d'introduire un affaiblisseur variable dans le système de mesure comme le montre la Figure 4.

4.5.4 Amplificateur optique (OA) (facultatif)

Il est permis d'ajouter un amplificateur optique, utilisé comme accélérateur, après la source pour augmenter la puissance optique émise et pour accroître la gamme dynamique du matériel.

4.5.5 Isolateur (I) (facultatif)

Il est permis de placer un isolateur optique devant la source, s'il n'est pas déjà intégré, pour limiter la puissance réfléchie qui pourrait dégrader les performances de la source.

4.5.6 Dispositif de couplage (BD)

Le rapport de division est de 50 % et le BD est insensible aux variations de polarisation (< 0,1 dB).

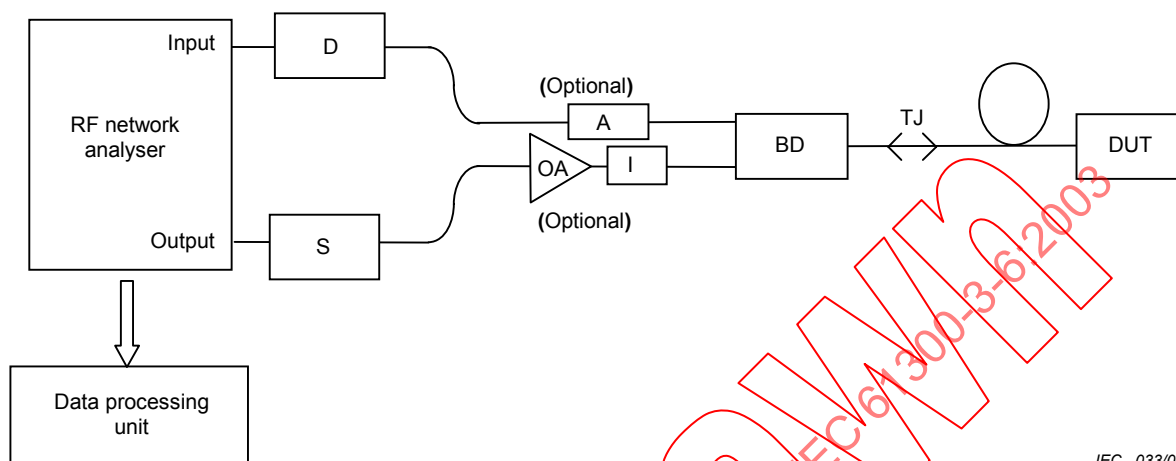
La directivité du BD peut affecter la précision de mesure et doit être spécifiée en conséquence.

4.5.7 Liaison temporaire (TJ)

Une liaison temporaire est réalisée pour connecter le DEE au dispositif de couplage. On peut citer comme exemples de liaisons temporaires les connecteurs, les épissures ou les micromanipulateurs. La perte de TJ doit être stable avec une perte d'insertion inférieure à 0,5 dB. L'espacement entre la TJ et le DEE doit être supérieur à la résolution de la mesure

The following factors may give rise to a potential source of errors and could affect the measurement uncertainty:

- laser wavelength drift with the temperature;
- the range in return loss power over which the detector is linear;
- the polarization sensitivity.



IEC 033/03

Figure 4 – Measurement set-up of return loss with OFDR method

4.5.3 Optical variable attenuator (A) (optional)

In cases in which the reflection used as reference and the measured one are very different, the optical detector response may not be sufficiently linear over all the measurement range. In this case it may be necessary to introduce a variable attenuator into the measurement system as shown in Figure 4.

4.5.4 Optical amplifier (OA) (optional)

An optical amplifier, used as a booster, may be added after the source in order to increase the emitted optical power and to enhance the dynamic range of the apparatus.

4.5.5 Isolator (I) (optional)

An optical isolator may be placed in front of the source, if it is not already built in, in order to limit the reflected power which could degrade the source performances.

4.5.6 Branching device (BD)

The splitting ratio is 50 % and the BD is insensitive to the polarization variations (<0,1 dB).

The directivity of the BD can affect the measurement accuracy and shall be specified accordingly.

4.5.7 Temporary joint (TJ)

A temporary joint is a joint made to connect the DUT to the branching device. Examples of TJs are connectors, splices or micro-manipulators. The loss of the TJ shall be stable with an insertion loss of less than 0,5 dB. The spacing between the TJ and the DUT shall be greater than the resolution of the measurement.

4.5.8 Ordinateur

Un ordinateur pour effectuer la transformée inverse de Fourier sur le vecteur de balayage sera nécessaire si l'installation n'est pas incluse dans l'analyseur de réseau.

5 Mode opératoire

5.1 Conditions d'injection

Sauf spécification contraire, la condition d'injection doit être conforme à l'Annexe B de la CEI 61300-1: Ces conditions d'injection doivent être obtenues au moyen d'un filtre de mode.

L'objet d'un filtre de mode est d'enlever les transitoires non désirées de modes d'ordre supérieurs et ainsi d'éliminer les inexactitudes de mesure.

Le filtre de mode pour fibres multimodales doit être constitué de cinq spires enroulées étroitement sur un mandrin circulaire lisse dont le diamètre est sélectionné pour s'assurer que les modes transitoires ont été affaiblis et que les conditions de régime permanent ont été atteintes. Le diamètre du mandrin peut différer de fibre en fibre en fonction du type de revêtement et de fibre. Des diamètres de mandrins types sont présentés ci-après (voir Tableau 1).

Tableau 1 – Diamètres de mandrins

Taille de fibre μm	Diamètre de mandrin mm
50	18
62,5	20
100	25
NOTE Si des fibres câblées sont employées, le diamètre de mandrin est réduit par le diamètre de câble.	

Pour des mesures monomodales, le filtre de mode doit inclure deux boucles de fibre de diamètre de 50 mm.

Des filtres de mode doivent être placés entre la liaison temporaire et le DEE.

Un appareil d'injection ultra restrictif doit être utilisé dans les cas où la spécification correspondante appelle une condition d'injection EMD. L'appareil pour établir des conditions d'injection ultra restrictives pour des fibres multimodales doit créer une condition d'injection de sortie au DEE, comme l'illustre le Tableau 2.

Tableau 2 – Conditions d'injection ultra restrictives

Taille de fibre μm	Taille du point lumineux μm	NA	CPR dB	
			850 nm	1 300 nm
50	35	0,15	13,5	10,0
62,5	44	0,19	17,5	14,5
NOTE 1 Valeur du rapport de la puissance de couplage (CPR) ± 1 dB.				
NOTE 2 La tolérance tant sur la taille du point que sur le NA doit être inférieure à 10 % et 5 % respectivement.				

4.5.8 Computer

A computer for performing the inverse Fourier transform on the swept vector will be required if the facility is not included in the network analyser.

5 Procedure

5.1 Launch conditions

Unless otherwise specified, the launch condition shall be in accordance with annex B of IEC 61300-1. These launch conditions shall be obtained by means of a mode filter.

The objective of a mode filter is to remove unwanted transient higher order modes and therefore eliminate measurement inaccuracies.

The mode filter for multimode fibres shall consist of five close wound turns on a smooth round mandrel whose diameter is selected to ensure transient modes have been attenuated and steady-state conditions have been achieved. The diameter of the mandrel may differ from fibre to fibre depending on fibre and coating type. The following are typical mandrel diameters (see Table 1).

Table 1 – Mandrel diameter sizes

Fibre size μm	Mandrel diameter mm
50	18
62,5	20
100	25
NOTE: If cabled fibres are employed, the mandrel diameter is reduced by the cable diameter.	

For single-mode measurements the mode filter shall include two 50 mm diameter loops of fibre.

Mode filters shall be placed between the temporary joint and the DUT.

An ultra-restrictive launch apparatus shall be used in those cases where the relevant specification calls for an EMD launch condition. The apparatus for establishing ultra-restrictive launch conditions for multimode fibres shall create an output launch condition at the DUT as illustrated in Table 2.

Table 2 – Ultra-restrictive launch conditions

Fibre size μm	Spot size μm	NA	CPR dB	
			850 nm	1 300 nm
50	35	0,15	13,5	10,0
62,5	44	0,19	17,5	14,5
NOTE 1 Coupling power ratio (CPR) value ± 1 dB.				
NOTE 2 The tolerance on both spot size and NA shall be less than 10 % and 5 %, respectively.				

5.2 Préconditionnement

Si le DEE est le connecteur monté à une extrémité d'un composant, la face terminale de connecteur doit être nettoyée selon les instructions du fabricant et examinée visuellement selon la CEI 61300-3-1.

5.3 Accès de sortie du DEE

Les accès de sortie du dispositif en essai doivent être terminés pour supprimer les réflexions, en particulier lorsque la longueur de la fibre de sortie du DEE est plus courte que la résolution spatiale de la méthode choisie.

5.4 Méthode 1: mesures avec OCWR (réflectomètre à onde entretenue optique)

5.4.1 Définition de la mesure OCWR

Le facteur d'adaptation mesuré à l'aide de la méthode OCWR (voir l'équation (10)), est le facteur d'adaptation total entre T_{J1} et T_1 tel qu'on l'observe depuis T_{J1} (Figure 1).

Les valeurs mesurées de puissance P , utilisées dans cette procédure, sont en unités linéaires telles que "mW".

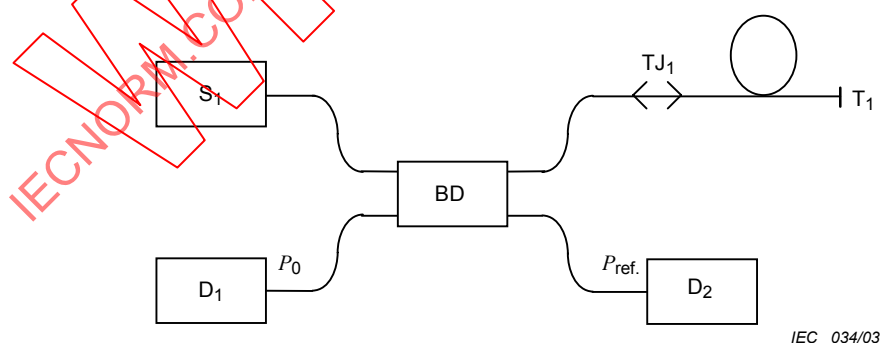
5.4.2 Caractérisation de montage

Afin d'effectuer la mesure, il est nécessaire de caractériser le système en mesurant les paramètres P_0 et G (définis dans les paragraphes suivants: 5.4.2.1 et 5.4.2.2). Ces paramètres sont liés à la puissance réfléchie par le système et à l'affaiblissement de la puissance réfléchie par le DEE alors qu'il est mesuré par le détecteur D_1 .

5.4.2.1 Mesure de la puissance réfléchie par le système

La puissance réfléchie par le système P_0 est déterminée en utilisant une mesure dans laquelle on a enlevé la puissance réfléchie par le DEE.

- Enlever la puissance réfléchie par le DEE soit en remplaçant le DEE par un dispositif de terminaison qui comporte un facteur d'adaptation élevé (Figure 5), soit en ajoutant un fort affaiblissement, par exemple un enroulement sur mandrin, entre le DEE et la T_{J1} (Figure 8).



IEC 034/03

Figure 5 – Montage de mesure de la puissance réfléchie par le système

- La puissance totale réfléchie (P_0) et la puissance de référence (P_{ref}) sont mesurées au moyen des détecteurs D_1 et D_2 .
- La valeur normalisée de la puissance réfléchie par le système est:

$$P_0' = \frac{P_0}{P_{ref}} \quad (4)$$

5.2 Pre-conditioning

If the DUT is the mounted connector on one end of a component, the connector end-face shall be cleaned according to the manufacturer's instructions and visually examined according to IEC 61300-3-1.

5.3 DUT output port

The output ports of the device under test shall be terminated to suppress reflections, particularly when the length of the DUT output fibre is shorter than the spatial resolution of the chosen method.

5.4 Method 1: measurement with OCWR

5.4.1 Definition of the OCWR measurement

The return loss measured using the OCWR method (see equation (10)) is the total return loss between TJ_1 and T_1 as observed from TJ_1 (Figure 1).

Measured values of power P , used in this procedure, are in linear units such as "mW".

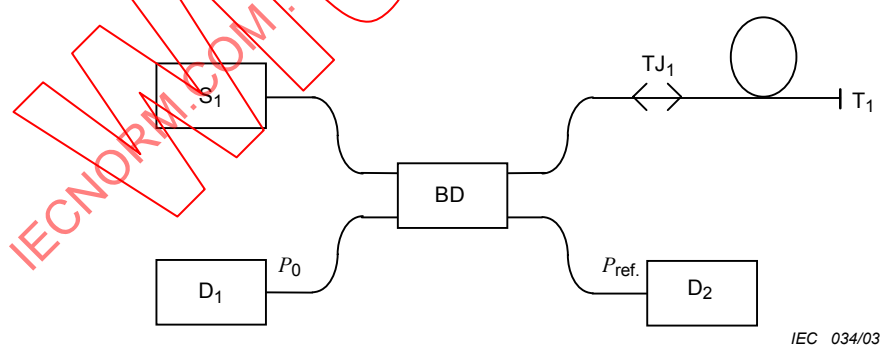
5.4.2 Set-up characterization

In order to perform the measurement, it is necessary to characterize the system by measuring the parameters P_0 and G (defined in the following subclauses 5.4.2.1 and 5.4.2.2). These parameters are related to the power reflected by the system and to the attenuation of the power reflected from the DUT as it is measured by the detector D_1 .

5.4.2.1 Measurement of the system reflected power

System reflected power P_0 is determined using a measurement in which the reflected power from the DUT has been removed.

- Remove the reflected power from the DUT either by replacing the DUT with a termination that has high return loss (Figure 5), or by adding a large attenuation, for example, a mandrel wrap, between the DUT and TJ_1 (Figure 8).



IEC 034/03

Figure 5 – Measurement set-up of the system reflected power

- The total power reflected (P_0) and the reference power (P_{ref}) are measured by means of the detectors D_1 and D_2 .
- The normalized value of the system reflected power is:

$$P_0' = \frac{P_0}{P_{ref}} \quad (4)$$

5.4.2.2 Evaluation de la constante G du système

Deux techniques pour évaluer la constante du système G sont présentées.

a) Technique A

- Remplacer S_1 par un dispositif de terminaison T_2 et connecter la source S_2 à la place de T_1 . Mesurer P_{aa} .
- Sans éteindre la source S_2 , couper la fibre à "cp", connecter le détecteur D_3 et mesurer P_b .

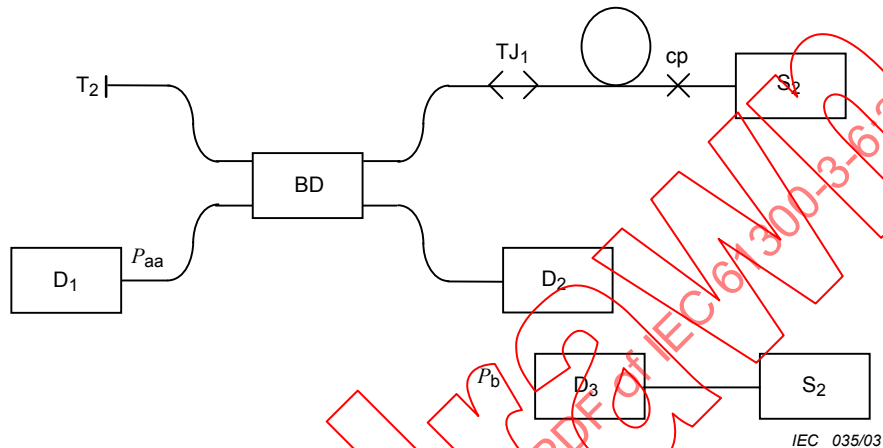


Figure 6 – Montage de mesure du coefficient de transfert du dispositif de couplage

- Le facteur C_1 est le suivant:

$$C_1 = \frac{P_{aa}}{P_b} \quad (5)$$

- Connecter le détecteur D_3 comme l'illustre la Figure 7 et mesurer P_c et P_R .

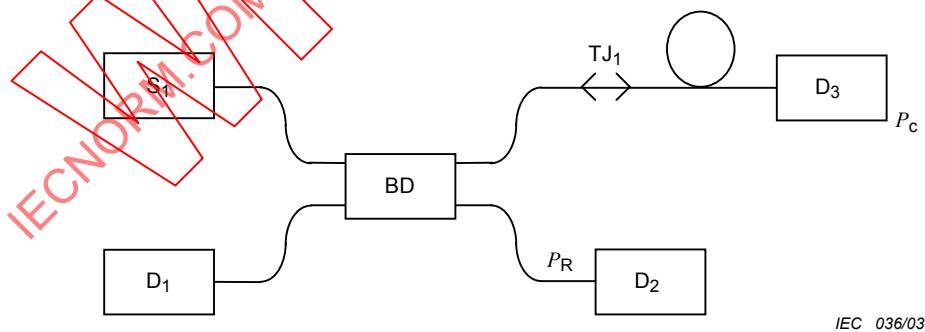


Figure 7 – Montage de mesure du rapport de division du dispositif de couplage

- Le facteur C_2 est le suivant:

$$C_2 = \frac{P_R}{P_c} \quad (6)$$

5.4.2.2 Evaluation of the system constant G

Two techniques for evaluating the system constant G are presented.

a) Technique A

- Replace S_1 with a termination T_2 , and connect source S_2 in place of T_1 . Measure P_{aa} .
- Without turning the source S_2 off, cut the fibre at “cp”, connect detector D_3 and measure P_b .

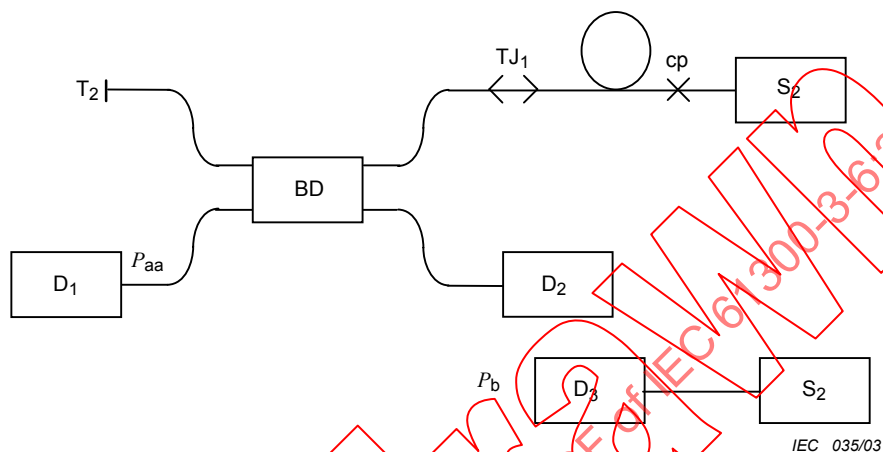


Figure 6 – Measurement set-up of the branching device transfer coefficient

- The factor C_1 is:

$$C_1 = \frac{P_{aa}}{P_b} \quad (5)$$

- Connect detector D_3 as shown in Figure 7 and measure P_c and P_R .

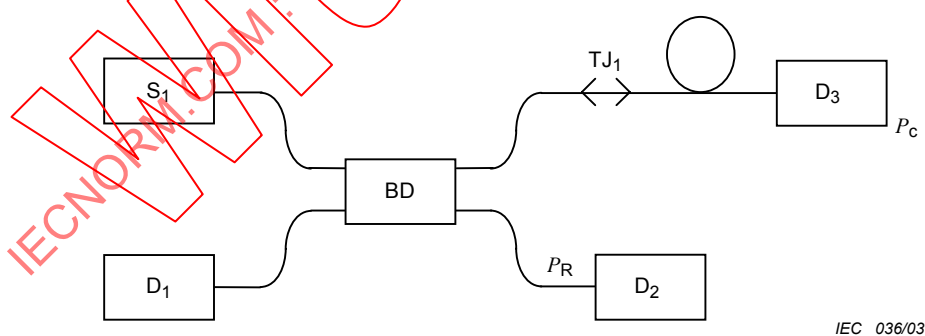


Figure 7 – Measurement set-up of the splitting ratio of the branching device

- The factor C_2 is:

$$C_2 = \frac{P_R}{P_c} \quad (6)$$

- La constante du système est la suivante:

$$G = 10 \cdot \log \left(\frac{C_1}{C_2} \right) \text{ (dB)} \quad (7)$$

Etalonnage du détecteur – Les différences d'étalonnage des trois détecteurs utilisés disparaîtront si cette procédure est appliquée.

b) Technique B

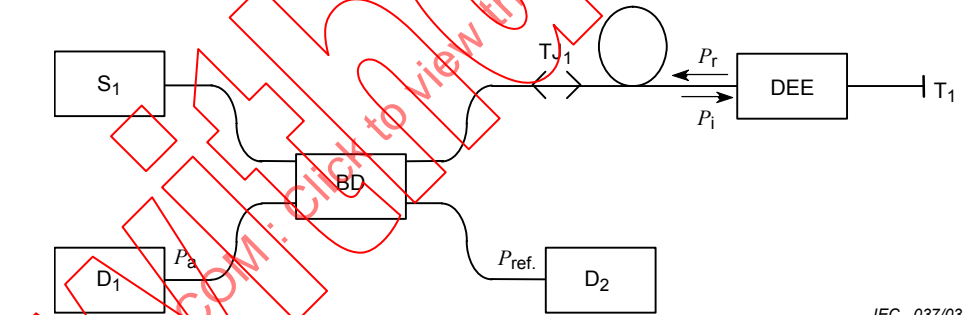
Dans cette méthode, la constante G du système est fondée sur un dispositif de terminaison de facteur d'adaptation connu, RL_C .

- Remplacer le DEE de la Figure 1 par un dispositif de terminaison de fibre de facteur d'adaptation connu, RL_C .
- Déterminer P_a' , à l'aide de l'équation (11).
- Déterminer P_0' , à l'aide de l'équation (4).
- Substituer les valeurs de P_a' , P_0' , et RL_C dans l'équation (10) et évaluer G .

$$G = RL_C + 10 \cdot \log \left[\frac{P_a'}{P_0'} \right] \text{ (dB)} \quad (8)$$

5.4.3 Procédure de mesure

La mesure du facteur d'adaptation avec un OCWR est illustrée à la Figure 8, et est réalisée par le biais des étapes suivantes.



IEC 037/03

Figure 8 – Montage de mesure du facteur d'adaptation avec un OCWR

- Connecter le DEE au système et supprimer la réflexion de l'extrémité de la ligne avec la terminaison T_1 .
- Acquérir la puissance totale réfléchie (du système et du DEE), P_a , par le détecteur D_1 et la puissance de référence P_{ref} .
- En utilisant P_a et P_{ref} pour exprimer P_r et P_i (relations (2) et (3)), l'équation (1) doit être formulée comme suit:

$$\begin{aligned} RL &= -10 \cdot \log \left[\frac{(P_a - P_0) \cdot C_2}{C_1 \cdot P_{ref}} \right] = -10 \cdot \log \left[\frac{P_a}{P_{ref}} - \frac{P_0}{P_{ref}} \right] + 10 \cdot \log \left(\frac{C_1}{C_2} \right) = \\ &= -10 \cdot \log \left[\frac{P_a}{P_{ref}} - \frac{P_0}{P_{ref}} \right] + G \end{aligned} \quad \text{(dB)} \quad (9)$$

- The system constant is:

$$G = 10 \cdot \log\left(\frac{C_1}{C_2}\right) \quad (\text{dB}) \quad (7)$$

Detector calibration – differences in the calibration of the three detectors that are used will cancel if this procedure is followed.

b) Technique B

In this method, the system constant G is based on a termination of known return loss, RL_c .

- Replace the DUT in Figure 1 with a fibre termination of known return loss, RL_c .
- Determine P_a' , equation (11).
- Determine P_0' , equation (4).
- Substitute P_a' , P_0' , and RL_c in equation (10) and evaluate G.

$$G = RL_G + 10 \cdot \log[P'_a - P'_0] \quad (\text{dB}) \quad (8)$$

5.4.3 Measurement procedure

The measurement of return loss with an OCWP is illustrated in Figure 8 and it is performed by means of the following steps.

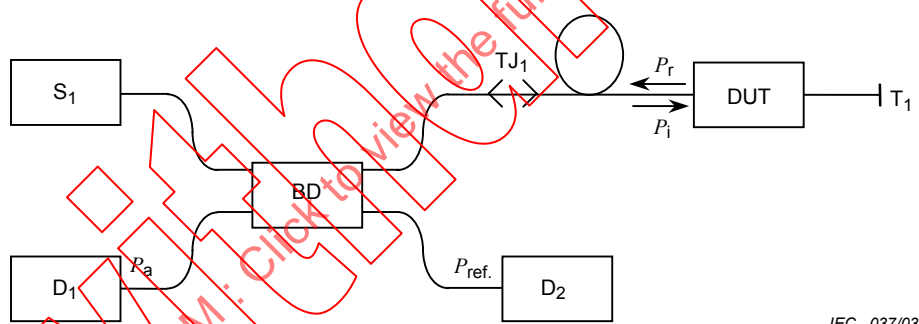


Figure 8 – Measurement set-up of return loss with an OCWR

- Connect the DUT to the system and suppress the reflection from the end of the line with the termination T_1 .
- Acquire the total reflected power (from the system and from the DUT), P_a , by the detector D_1 and the reference power P_{ref} .
- Using P_a and P_{ref} to express P_r and P_i (relationship (2) and (3)), the equation (1) shall be written as:

$$RL = -10 \cdot \log \left[\frac{(P_a - P_0) \cdot C_2}{C_1 \cdot P_{\text{ref}}} \right] = -10 \cdot \log \left[\frac{P_a}{P_{\text{ref}}} - \frac{P_0}{P_{\text{ref}}} \right] + 10 \cdot \log \left(\frac{C_1}{C_2} \right) = \quad (\text{dB}) \quad (9)$$

$$= -10 \cdot \log \left[\frac{P_a}{P_{\text{ref}}} - \frac{P_0}{P_{\text{ref}}} \right] + G$$

Ainsi le facteur d'adaptation du DEE doit être le suivant:

$$RL = -10 \cdot \log[P_a' - P_0'] + G \quad (\text{dB}) \quad (10)$$

où

$$P_a' = \frac{P_a}{P_{\text{ref}}} \quad \text{est la valeur normalisée de } P_a; \quad (11)$$

$$P_0' = \frac{P_0}{P_{\text{ref}}} \quad \text{est la valeur normalisée de } P_0 \text{ (équation (3))};$$

G (dB) est la constante du système (équation (6)).

Dans l'équation (12), P_a' et P_0' ont été normalisés avec P_{ref} . La valeur de P_{ref} utilisée pour normaliser P_a est la valeur de la mesure illustrée à la Figure 8. La valeur de P_{ref} utilisée pour normaliser P_0 est la valeur de la Figure 5. Cela permet aux mesures de P_a et P_0 d'être effectuées à différents moments, et à la dérive de l'amplitude de la source d'avoir lieu entre ces mesures.

5.4.4 Considérations sur la précision

Les facteurs suivants constituent des sources potentielles d'erreur de mesure du facteur d'adaptation:

- liaisons temporaires TJ_1 et TJ_2 : l'erreur due à une différence d'atténuation de ces liaisons est deux fois leur différence d'atténuation;
- rapport de division du dispositif de couplage (BD) en fonction des variations de polarisation dans la source. Cette dépendance pourrait provoquer une modification de la puissance de référence relative, P_{ref} , entre la mesure de P_0 et P_a ;
- puissance réfléchie par le système: la puissance réfléchie par le système P_0 est la puissance transmise au détecteur D_1 depuis les sources dans le circuit autres que le DEE (voir la Figure 1). L'effet qu'ont les erreurs de P_0 sur le facteur d'adaptation est fonction de l'importance de ΔP , la différence entre P_a et P_0 étant exprimée en décibels:

$$\Delta P = 10 \cdot \log(P_a) - 10 \cdot \log(P_0) \quad (\text{dB}) \quad (12)$$

Pour de grandes valeurs de ΔP , des erreurs relativement importantes de ΔP ont un effet négligeable sur le facteur d'adaptation. Par exemple, une erreur de P_0 de 5 dB qui fait passer ΔP de 25 dB à 30 dB produirait une erreur de seulement 0,014 dB sur le facteur d'adaptation. La précision de cette méthode diminue lorsque P_a devient semblable ou inférieur à P_0 . Aux faibles valeurs de ΔP , cependant, même des erreurs faibles de ΔP sont significatives. Par exemple, une erreur de 0,5 dB qui fait passer ΔP de 0,5 dB à 1,0 dB produirait une erreur de 3,0 dB sur le facteur d'adaptation.

Dans la conception d'un circuit pour mesurer le facteur d'adaptation avec un dispositif de couplage, il faut veiller à réduire P_0 à la valeur la plus faible possible. Les sources de puissance réfléchie dans le circuit de la Figure 1 sont les suivantes:

- le dispositif de couplage BD;
- le dispositif de terminaison T_1 ;
- la fibre située à la droite du coupleur. Une différence de la longueur de fibre à la droite du coupleur modifiera la valeur de P_0 ;
- la liaison temporaire TJ_1 ;
- les détecteurs.

So the DUT return loss shall be:

$$RL = -10 \cdot \log[P_a' - P_0'] + G \quad (\text{dB}) \quad (10)$$

where

$$P_a' = \frac{P_a}{P_{\text{ref}}} \quad \text{is the normalized value of } P_a; \quad (11)$$

$$P_0' = \frac{P_0}{P_{\text{ref}}} \quad \text{is the normalized value of } P_0 \text{ (equation (3))};$$

G (dB) is the system constant (equation (6)).

In equation (12), P_a' and P_0' have been normalized with P_{ref} . The value of P_{ref} used to normalize P_a is the value from the measurement illustrated in Figure 8. The value of P_{ref} used to normalize P_0 is the value from Figure 5. This allows the measurements of P_a and P_0 to be made at different times, and for drift in the amplitude of the source to have occurred between these measurements.

5.4.4 Accuracy considerations

The following factors are potential sources of error in the measurement of return loss:

- temporary joints TJ_1 and TJ_2 : the error due to a difference in the loss of these joints is twice the difference in their loss;
- BD splitting ratio dependence to the polarization variations in the source. This dependence could cause a change in the relative reference power, P_{ref} , between P_0 and P_a measurement;
- system reflected power: the system reflected power P_0 is the power reaching detector D_1 from sources in the circuit other than the DUT (see Figure 1). The effect that errors in P_0 have on return loss is a function of the magnitude of ΔP , being the difference between P_a and P_0 expressed in decibels:

$$\Delta P = 10 \cdot \log(P_a) - 10 \cdot \log(P_0) \quad (\text{dB}) \quad (12)$$

At large values of ΔP , relatively large errors in ΔP will have a negligible effect on return loss. For example, an error in P_0 of 5 dB that changed ΔP from 25 dB to 30 dB would produce an error of only 0,014 dB in return loss. The accuracy of this method decreases as P_a becomes comparable to or less than P_0 . At small values of ΔP , however, even small errors in ΔP are significant. For example an error of 0,5 dB that changed ΔP from 0,5 dB to 1,0 dB would produce an error of 3,0 dB in return loss.

In the design of a circuit for measuring return loss with a branching device, care must be taken to reduce P_0 to the lowest possible value. Sources of reflected power in the circuit in Figure 1 are:

- the branching device BD;
- the termination T_1 ;
- the fibre to the right of the coupler. A difference in the length of fibre to the right of the coupler will change the value of P_0 ;
- the temporary joint TJ_1 ;
- the detectors.

5.5 Méthode 2: mesures avec OTDR (réflectomètre optique dans le domaine temporel)

5.5.1 Définition de la mesure OTDR

La mesure OTDR de la réflexion en un seul point est la réflectance en ce point. S'il y a des réflexions multiples avec une distance suffisante entre elles, l'OTDR mesurera la réflectance des différents points. S'il y a des réflexions multiples rapprochées, l'OTDR mesurera la réflectance efficace de la somme de ces réflexions.

Un tracé OTDR typique pour une mesure de RL (facteur d'adaptation) est illustré à la Figure 9. La mesure du RL au moyen de l'OTDR est fondée sur la mesure de la hauteur de l'impulsion en raison de la puissance réfléchie par rapport au niveau de rétrodiffusion.

5.5.2 Evaluation du coefficient de rétrodiffusion

Le niveau de rétrodiffusion du tracé OTDR est une constante (K) qui comprend tant la rétrodiffusion de Rayleigh de la fibre que la durée d'impulsion OTDR. Deux techniques d'évaluation de la constante du système sont décrites ci-dessous.

a) Technique A – Dispositif de terminaison de facteur d'adaptation connu

- Mesurer H avec une fibre terminée avec le facteur d'adaptation connu, RL_0
- Substituer la valeur de H et RL_0 , dans l'équation (13) et déterminer K comme suit:

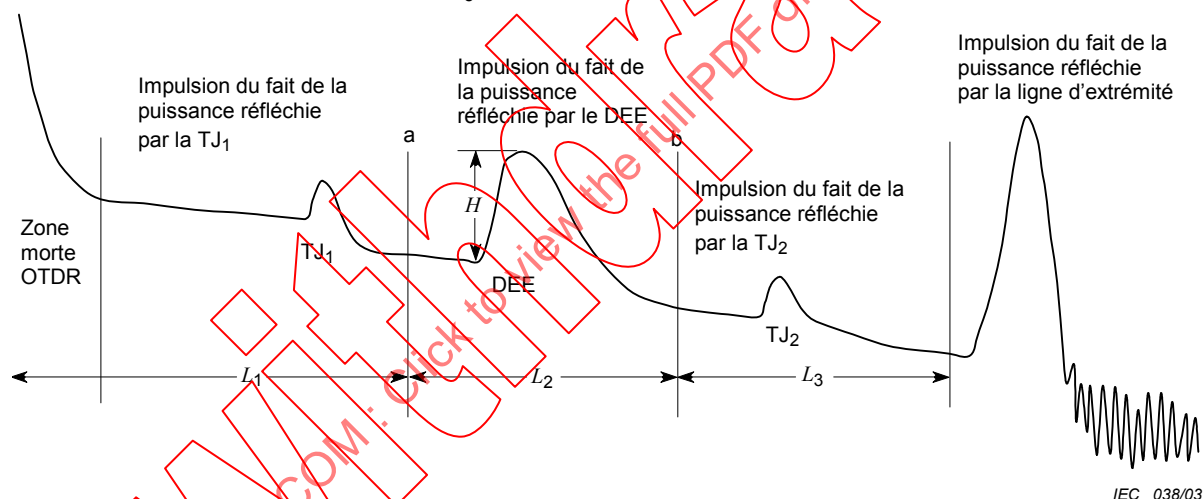


Figure 9 – Tracé OTDR typique de la réponse à une réflexion

$$K = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{H}{5}} - 1 \right) + RL_0 \quad (\text{dB}) \quad (13)$$

b) Technique B – Evaluation au moyen de la rétrodiffusion de Rayleigh et de la durée d'impulsion

La constante K peut être évaluée au moyen du coefficient de la rétrodiffusion de Rayleigh, B , et de la durée d'impulsion, t , en utilisant la relation suivante:

$$K = B - 10 \cdot \log(t) \quad (\text{dB}) \quad (14)$$

La valeur en décibels de B dépend de la base de temps utilisée pour t .

5.5 Method 2: measurement with OTDR

5.5.1 Definition of the OTDR measurement

The OTDR measurement of the reflection at a single point will be the reflectance at the point. Where there are multiple reflections with sufficient distance between them, the OTDR will measure the reflectance of the individual points. Where there are multiple closely spaced reflections, the OTDR will measure the effective reflectance of the sum of the reflections.

A typical OTDR trace for an RL measurement is illustrated in Figure 9. The RL measurement by means of the OTDR is based on the measurement of the height of the spike due to the power reflected in respect to the backscattering level.

5.5.2 Evaluation of backscattering coefficient

The backscattering level of the OTDR trace is a constant (K) that includes both the Rayleigh backscattering of the fibre and the OTDR pulse duration. Two techniques for evaluating the system constant are described in the following.

a) Technique A – Termination with a known return loss

- Measure H with a fibre terminated with the known return loss, RL_0 .
- Substitute the value of H and RL_0 , in equation (13) and determine K as:

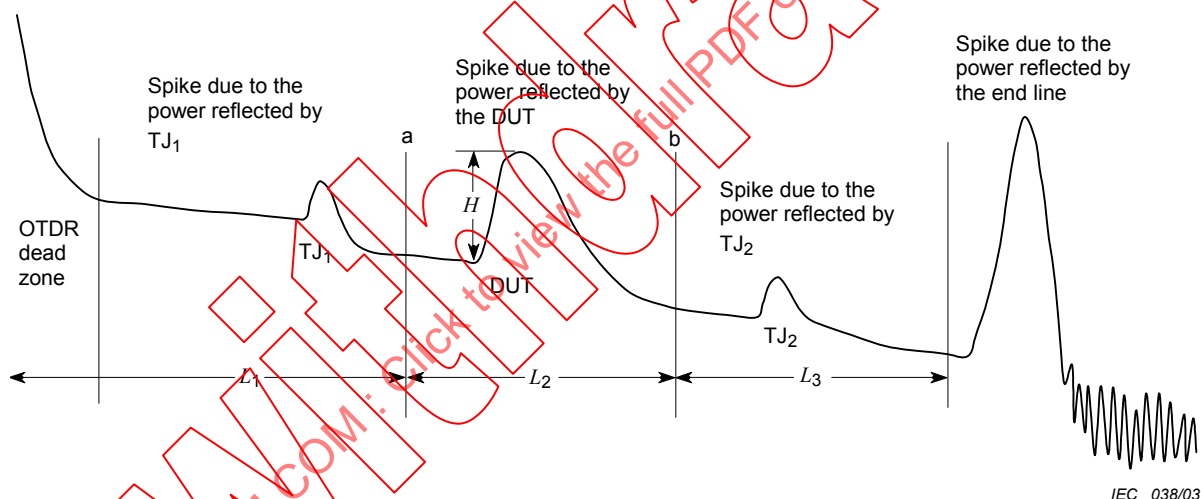


Figure 9 – Typical OTDR trace of the response to a reflection

$$K = 10 \cdot \log \left(10^{H/5} - 1 \right) + RL_0 \quad (\text{dB}) \quad (13)$$

b) Technique B – Evaluation by means of Rayleigh backscattering and pulse duration

The constant K may be evaluated by means of the Rayleigh backscattering coefficient, B , and the pulse duration, t , using the following relationship:

$$K = B - 10 \cdot \log(t) \quad (\text{dB}) \quad (14)$$

The value in decibels of B is dependent on the time base used for t .

La valeur de B peut être évaluée comme suit:

$$B = R_L - 10 \cdot \log(t_b) - 10 \cdot \log \left[\frac{\alpha v}{1 - e^{-2\alpha L}} \right] \quad (\text{dB}) \quad (15)$$

où

R_L est le facteur d'adaptation d'une longueur de fibre de longueur L ;

α est la constante d'affaiblissement de la fibre;

v est la vitesse de groupe;

L est la longueur de la fibre;

$t_b = 1 \text{ ns}$ est la base de temps utilisée dans l'équation (14).

R_L est évalué, par exemple, en utilisant la procédure de mesure en 4.1 où une section de fibre de longueur L est utilisée comme le DEE. Si $\alpha L \ll 1$, l'équation (15) devient

$$B \cong R_L - 10 \log(t_b) - 10 \log \left[\frac{v}{2L} \right] \quad (\text{dB}) \quad (16)$$

Cette approximation est valable pour les fibres monomodes avec $L \ll 1 \text{ km}$.

A titre d'exemple, les approximations suivantes peuvent être utilisées avec les fibres monomodes de type B1 conformément à la CEI 60793-2 pour une base de temps en nanosecondes:

- $B \cong 80 \quad (\text{dB}) \quad \text{à } 1\,300 \text{ nm}$
- $B \cong 82,5 \quad (\text{dB}) \quad \text{à } 1\,550 \text{ nm}$

5.5.3 Procédure de mesure

Les étapes suivantes doivent être réalisées afin de mesurer le facteur d'adaptation avec l'OTDR.

- Régler la durée d'impulsion OTDR appropriée. Le choix de la durée d'impulsion dépend de la distance du DEE du point "a" et du point "b", qui est la résolution spatiale nécessaire, et sur la plage du RL à mesurer. Le Tableau 3 illustre la résolution spatiale théorique et la valeur maximale du RL mesurable pour plusieurs valeurs de durées d'impulsion. La résolution spatiale vraie est supérieure à celle qui est théorique et dépend de la hauteur de la fluctuation de réflexion précédente et du temps de reprise du tracé de l'OTDR après la fluctuation. Par exemple, dans le cas d'une impulsion de 10 ns, deux points sur le tracé à une distance de moins de 5 m à 6 m sont à peine séparés.

Tableau 3 – Paramètres OTDR pour certaines durées d'impulsion

Durées d'impulsion ns	Résolution spatiale théorique m	RL mesurable maximal dB	
		A 1 550 nm	A 1 300 nm
100	>10	≈ 63	≈ 60
10	>1	≈ 73	≈ 70
5	>0,5	≈ 75	≈ 72

The value of B may be evaluated as follows:

$$B = R_L - 10 \cdot \log(t_b) - 10 \cdot \log \left[\frac{\alpha v}{1 - e^{-2\alpha L}} \right] \quad (\text{dB}) \quad (15)$$

where

R_L is the return loss of a length of fibre of length L ;

α is the attenuation constant of the fibre;

v is the group velocity;

L is the length of the fibre;

$t_b = 1 \text{ ns}$ is the time base used in equation (14).

R_L is evaluated, for example, using the measurement procedure in 4.1 where a section of fibre of length L is used as the DUT. If $\alpha L \ll 1$, equation (15) becomes

$$B \cong R_L - 10 \log(t_b) - 10 \log \left[\frac{v}{2L} \right] \quad (\text{dB}) \quad (16)$$

This approximation is valid for single-mode fibres with $L \leq 1 \text{ km}$.

As an example, the following approximations may be used with single-mode fibres type B1 according to IEC 60793-2 for a time base in nanoseconds:

- $B \cong 80 \quad (\text{dB})$ at 1 300 nm
- $B \cong 82,5 \quad (\text{dB})$ at 1 550 nm

5.5.3 Measurement procedure

The following steps shall be performed in order to measure the return loss with the OTDR.

- Set the proper OTDR pulse duration. The choice of the pulse duration depends on the distance of the DUT from the point “a” and “b”, that is the necessary spatial resolution, and on the range of RL that is to be measured. Table 3 shows the theoretical spatial resolution and the maximum value of RL measurable for several pulse duration values. The true spatial resolution is greater than the theoretical one and depends on the height of the previous reflection spike and on the recovering time of the OTDR trace after the spike. For example, in the case of a pulse of 10 ns, two points on the trace at a distance less than 5 m to 6 m are hardly separated.

Table 3 – OTDR parameters for some pulse duration

Pulse duration ns	Theoretical spatial resolution m	Maximum measurable RL dB	
		At 1 550 nm	At 1 300 nm
100	>10	≈ 63	≈ 60
10	>1	≈ 73	≈ 70
5	>0,5	≈ 75	≈ 72

- A partir du tracé OTDR mesurer la hauteur H (en décibels) de la fluctuation du fait de la puissance réfléchiée par le DEE. Dans la plupart des instruments commerciaux l'évaluation de H peut être réalisée en utilisant une marque pour le choix deux points sur le tracé.
- Le facteur d'adaptation du DEE doit être le suivant:

$$RL = -10 \cdot \log \left(10^{H/5} - 1 \right) + k \quad (17)$$

NOTE 1 La plupart des OTDR divisent la puissance du signal de retour en deux avant de l'afficher. Dans cette équation, l'amplitude de l'impulsion affichée à l'écran OTDR est multipliée par deux pour compenser la division que l'OTDR a effectuée.

NOTE 2 La plupart des OTDR mesurent automatiquement le RL (facteur d'adaptation) en utilisant des réglages d'instruments fixés par le fabricant. Cependant, dans ce cas également, il est important d'être attentif aux considérations de précision de 5.4.4.

L'équation (17) peut être simplifiée pour les valeurs élevées de H :

$$\begin{aligned} RL &= -10 \cdot \log \left(10^{H/5} - 1 \right) + k = -10 \cdot \log \left[10^{H/5} \cdot \left(1 - 10^{-H/5} \right) \right] + k = \\ &= -10 \cdot \log \left(10^{H/5} \right) - 10 \cdot \log \left(1 - 10^{-H/5} \right) + k = -2 \cdot H - 10 \cdot \log \left(1 - 10^{-H/5} \right) + k \end{aligned} \quad (dB) \quad (18)$$

par conséquent

$$RL \approx -2 \cdot H + k \quad (dB) \quad (19)$$

L'équation simplifiée (19) est une bonne approximation de la réflectance (pour les valeurs de H supérieures à environ 5 dB).

5.5.4 Considérations sur la précision

Les facteurs suivants constituent des sources potentielles d'erreur de mesure du facteur d'adaptation.

- Evaluation de H . La précision de la mesure de H est particulièrement critique lorsque H est très faible. Par exemple, la différence entre une mesure de $H = 0,5$ dB et $H = 1$ dB correspond à une différence de facteur d'adaptation de 3 dB. La précision devient même plus défavorable si H est faible et si l'affaiblissement du DEE est en même temps élevé.
- La capacité du détecteur à répondre précisément à de courtes impulsions nécessaires pour mesurer les valeurs élevées du facteur d'adaptation. Pour de courtes impulsions lumineuses ($< 1 \mu s$), la largeur de bande de réponse du détecteur OTDR peut limiter la précision de mesure. Dans ce cas, le facteur d'adaptation doit être étalonné par rapport à un élément de rétro réflexion de référence.
- Saturation du signal. Le détecteur dans certains OTDR sature à des valeurs élevées de H de sorte que la précision est perdue en mesurant des valeurs faibles du facteur d'adaptation. Dans ce cas, on évite la saturation du signal en ajoutant un affaiblisseur variable entre l'OTDR et le DEE.

5.6 Méthode 3: mesures avec OLCR (réflectométrie optique de faible cohérence)

5.6.1 Procédure d'étalonnage

- a) Un réflecteur dont la valeur du facteur d'adaptation RL_0 est connue est connecté au moyen d'un segment de fibre à l'accès de signaux. La valeur type de RL_0 est 0 dB du fait de la réflexion totale, ou 14,7 dB à la face terminale de la fibre coupée en angle droit par rapport à son axe.

- From the OTDR trace measure the height H (in decibels) of the spike due to the power reflected from the DUT. In most commercial instruments the evaluation of H can be performed by using a marker to select two points on the trace.
- The return loss of the DUT shall be:

$$RL = -10 \cdot \log \left(10^{H/5} - 1 \right) + k \quad (17)$$

NOTE 1 Most OTDRs divide the power in the return signal by two before displaying it. In this equation, the magnitude of the pulse displayed on the OTDR screen is multiplied by two to compensate for the division that the OTDR has made.

NOTE 2 Most OTDRs automatically measure RL using instrument settings fixed by the manufacturer. However, also in this case, it is important to pay attention to the accuracy consideration in 5.4.4.

Equation (17) may be simplified for large values of H :

$$\begin{aligned} RL &= -10 \cdot \log \left(10^{H/5} - 1 \right) + k = -10 \cdot \log \left[10^{H/5} \cdot \left(1 - 10^{-H/5} \right) \right] + k = \quad (dB) \quad (18) \\ &= -10 \cdot \log \left(10^{H/5} \right) - 10 \cdot \log \left(1 - 10^{-H/5} \right) + k = -2 \cdot H - 10 \cdot \log \left(1 - 10^{-H/5} \right) + k \end{aligned}$$

therefore

$$RL \approx -2 \cdot H + k \quad (dB) \quad (19)$$

The simplified equation (19) is a good approximation for reflectance (for values of H larger than about 5 dB).

5.5.4 Accuracy considerations

The following factors are potential sources of error in the measurement of return loss.

- Evaluation of H . Accuracy in the measurement of H is particularly critical when H is very small. For example, the difference between a measurement of $H = 0,5$ dB and $H = 1$ dB is a difference in return loss of 3 dB. The accuracy becomes even worse if H is small and if the DUT attenuation is large at the same time.
- The ability of the detector to accurately respond to short pulses necessary to measure high values of return loss. For short light pulses ($<1 \mu s$) the response bandwidth of the OTDR detector can limit the measurement accuracy. In this case, the return loss shall be calibrated against a reference back-reflection element.
- Signal saturation. The detector in some OTDRs saturates at large values of H so that accuracy is lost in measuring small values of return loss. In this case the signal saturation is avoided by adding a variable attenuator between the OTDR and the DUT.

5.6 Method 3: measurement with OLCR

5.6.1 Calibration procedure

- a) A reflector whose return loss value RL_0 is known is connected via a length of fibre to the signal port. A typical value of RL_0 is 0 dB due to total reflection, or 14,7 dB at fibre end-face right-angled cut in respect to its axis.

- b) Une autre fibre monomode, dont la longueur est approximativement égale à la fibre sur laquelle le réflecteur est terminé.
- c) Le retard optique est modifié linéairement. Dans le cas d'une ODL classique, le réflecteur est transposé à vitesse constante.
- d) La fréquence de détection à la sortie de D est réglée sur la fréquence du signal de battement produit au cours de la transposition en miroir.
- e) La sortie de D est échantillonnée et enregistrée dans l'unité de traitement en fonction du retard optique obtenu à partir de la position du réflecteur dans le cas d'une ODL classique. La valeur crête en décibels est enregistrée en tant que G_0 (dB) par l'unité de traitement.

5.6.2 Procédure de mesure

- a) Le DEE est connecté à l'accès de signaux à la place du réflecteur connu. Si nécessaire, la fibre monomode connectée à l'accès de référence peut être modifiée pour être approximativement égale à la longueur de la fibre amorce du DEE.
- b) Une procédure identique à celle décrite de c) à e) de 5.6.1 est réalisée de nouveau. A l'issue de cette procédure, la crête du signal en un point désiré du dispositif en essai est mesurée et représentée par G (dB).
- c) Le facteur d'adaptation du DEE est calculé en utilisant les valeurs suivantes:

$$RL = RL_0 + (G - G_0) \quad (20)$$

5.6.3 Considérations sur la précision

Une source d'erreur dans la mesure avec la méthode OLCR réside dans les différences d'affaiblissement entre les liaisons temporaires utilisées pour connecter la ligne avec le facteur d'adaptation connu et celle avec le DEE. On doit veiller à réduire ces différences.

5.7 Méthode 4: mesures avec OFDR (réflectométrie dans le domaine des fréquences optiques)

5.7.1 Procédure d'étalonnage

- a) Un réflecteur, dont la valeur du facteur d'adaptation RL_0 est connue, est connecté au moyen d'un segment de fibre monomode au système de mesure. Une valeur type du RL_0 est de 14,7 dB à la face terminale de la fibre coupée en angle droit par rapport à son axe.
- b) Si on insère un affaiblisseur variable (pour éviter la saturation du détecteur optique du signal réfléchi), la valeur d'affaiblissement A_r doit être enregistrée.
- c) A partir du spectre de fréquences acquis au moyen de la transformée inverse de Fourier, le signal du domaine temporel de la réflexion est évalué et sa valeur R_0 en unités linéaires est enregistrée.

5.7.2 Procédure de mesure

- a) Remplacer la réflexion connue par le DEE relié par une TJ (liaison temporaire).
- b) Si on insère un affaiblisseur variable, son affaiblissement est réglé afin de rendre la puissance réfléchie à détecter suffisamment élevée, et la valeur d'affaiblissement A doit être enregistrée.
- c) A partir du spectre de fréquences acquis au moyen de la transformée inverse de Fourier, le signal du domaine temporel de la réflexion est évalué et sa valeur R en unités linéaires est enregistrée.
- d) Le facteur d'adaptation du DEE est calculé en utilisant les valeurs suivantes:

$$RL = RL_0 - 10 \cdot \log \left(\frac{R}{R_0} \right) + (A_0 - A) \quad (21)$$

- b) Another single-mode fibre whose length is approximately equal to the fibre on which the reflector is terminated.
- c) Optical delay is changed linearly. In the case of a conventional ODL, the reflector is translated at a constant speed.
- d) The detection frequency of the output of D is adjusted to the frequency of the beat signal produced during mirror translation.
- e) The output from D is sampled and stored in the data processing unit as a function of the optical delay which is obtained from the position of the reflector in the case of conventional ODL. The peak value in decibels is recorded G_0 (dB) by the processing unit.

5.6.2 Measurement procedure

- a) The DUT is connected to the signal port in place of the known reflector. If necessary, the single-mode fibre connected to the reference port is changed to be approximately equal to the pigtail length of the DUT.
- b) The same procedure from c) to e) of 5.6.1 is carried out again. After completing this procedure, the signal peak for a desired point in the DUT is measured to be G (dB).
- c) The return loss of the DUT is calculated by using these values as follows:

$$RL = RL_0 + (G - G_0) \quad (20)$$

5.6.3 Accuracy considerations

A source of error in the measurement with the OLCR method is the differences in the attenuation between the temporary joints used to connect the line with the known return loss and the one with the DUT. Care shall be taken to minimize these differences.

5.7 Method 4: measurements with OFDR

5.7.1 Calibration procedure

- a) A reflector, whose return loss value RL_0 , is known is connected via a length of single-mode fibre to the measurement system. A typical value of RL_0 is 14,7 dB at fibre end-face right-angled cut in respect to its axis.
- b) If a variable attenuator is inserted (to avoid the saturation of the optical detector from the reflected signal), the attenuation value A_r shall be recorded.
- c) From the acquired frequency spectrum by means of the inverse Fourier transform, the time domain signal of the reflection is evaluated and its value R_0 in linear units is recorded.

5.7.2 Measurement procedure

- a) Substitute the known reflection with the DUT connected through a TJ.
- b) If a variable attenuator is inserted, its attenuation is adjusted in order to make the reflected power to be detected high enough, and the attenuation value A shall be recorded.
- c) From the acquired frequency spectrum by means of the inverse Fourier transform, the time domain signal of the reflection is evaluated and its value R in linear units is recorded.
- d) The return loss of the DUT is calculated by using these values as follows:

$$RL = RL_0 - 10 \cdot \log\left(\frac{R}{R_0}\right) + (A_0 - A) \quad (21)$$

5.7.3 Considérations sur la précision

Une source d'erreur dans la mesure avec la méthode OFDR réside dans les différences d'affaiblissement entre les liaisons temporaires utilisées pour connecter la ligne avec le facteur d'adaptation connu et celle avec le DEE. On doit veiller à réduire ces différences.

Les données mesurées dans le domaine des fréquences par l'OFDR sont converties dans le domaine temporel en utilisant la transformée inverse de Fourier. Ainsi, la mesure des distances peut être simplement déduite en utilisant l'indice de réfraction du DEE. La résolution spatiale entre deux réflexions dépend de la fréquence d'intervalle (F) et du filtrage (f), appliqués aux données de fréquences. Le filtrage est nécessaire car la limitation de bande de la réponse du domaine des fréquences cause des dépassements et des ondulations dans la réponse de domaine temporel (lobes secondaires d'impulsions). Le filtrage améliore la plage dynamique en réduisant les lobes secondaires d'impulsions au détriment de la résolution.

La résolution spatiale (ΔL) peut être calculée par la formule suivante:

$$\Delta L = \frac{c \cdot f}{2 \cdot n \cdot F} \quad (22)$$

où c est la vitesse de la lumière et n est l'indice de réfraction. Par exemple, un intervalle de 1 GHz avec un facteur de fenêtrage de 1,6 produit environ 20 cm de résolution spatiale. La moitié de cet intervalle dégrade la résolution à 40 cm.

La longueur de fibre mesurable maximale L_t dépend de l'échantillonnage de fréquences Δf .

$$L_{\max} = \frac{c}{2 \cdot n \cdot \Delta f} \quad (23)$$

Par exemple, certaines données du système sont enregistrées dans le Tableau 4

Tableau 4 – Exemple de données du système et plage dynamique applicable

Puissance de sortie optique	Intervalle de fréquence	Largeur de bande FI	Signal moy.	Etalonnage	Plage dynamique du système
-3 dBm	1 GHz	30 Hz	8	Fresnel	55 dB

Pour augmenter la gamme dynamique du système, on suggère l'utilisation d'un amplificateur optique à l'extrémité de l'émetteur comme amplificateur de puissance (voir Figure 4). Par exemple, en utilisant un amplificateur dopé à l'erbium avec une puissance de sortie de +13 dBm, la plage dynamique obtenue pour le système est de ~71 dB, ce qui permet de mesurer les connecteurs polis avec un angle à terminaison dans l'air.

NOTE Les performances de mesure dépendent de la source d'onde lumineuse et du récepteur utilisés avec l'analyseur de réseau vectoriel. De plus, la plage dynamique du système et le plancher de bruit dépendent de la routine d'étalonnage et des caractéristiques de traitement du signal utilisées (telles que la largeur de bande FI, le moyennage du signal, le lissage, etc.).