RAPPORT TECHNIQUE

TECHNICAL REPORT

CEI
IEC
TR 61282-5

Première édition
First edition
2002-04

Guides de conception des systèmes de communications à fibres optiques –

Partie 5: Adaptation et compensation de la dispersion

Fibre optic communication system design guides –

Part 5: Accommodation and compensation of dispersion

Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC/TR 61282-5:2002

This document is a preview generated by EVS

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

- **Site web de la CEI (www.iec.ch)**
- **Catalogue des publications de la CEI**

  Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.
- **IEC Just Published**

  Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.
- **Service clients**

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

  Email: custserv@iec.ch
  Tél: +41 22 919 02 11
  Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

- **IEC Web Site (www.iec.ch)**
- **Catalogue of IEC publications**

  The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.
- **IEC Just Published**

  This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.
- **Customer Service Centre**

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

  Email: custserv@iec.ch
  Tel: +41 22 919 02 11
  Fax: +41 22 919 03 00

.

This document is a preview generated by EVS

RAPPORT TECHNIQUE

TECHNICAL REPORT

CEI
IEC
TR 61282-5

Première édition
First edition
2002-04

This document is a preview generated by EVS

Guides de conception des systèmes de communications à fibres optiques –

Partie 5: Adaptation et compensation de la dispersion

Fibre optic communication system design guides –

Part 5: Accommodation and compensation of dispersion

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE R

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 4
INTRODUCTION 6

1 Domaine d'application et objet 8
2 Documents de référence 8
3 Limites de dispersion chromatique 10
3.1 Dispersion chromatique de fibres à dispersion non décalée 10
3.2 Elargissement d'impulsion 12
3.3 Longueur limitée par dispersion 14
4 Types de compensation de dispersion 18
4.1 Compensation passive au long du trajet optique 18
4.2 Compensation et accommodation par l'émetteur ou par le récepteur 20
4.3 Compensation active au long du trajet optique 22
4.4 Compensation par la gestion de dispersion 22
5 Paramètres du compensateur de dispersion passive 22
5.1 Gamme de longueur d'onde de fonctionnement 22
5.2 Dispersion chromatique 22
5.3 Taux de compensation de dispersion 26
5.4 Perte d'insertion 26
5.5 Réflectance 28
5.6 Polarisation 28
5.6.1 Dispersion du mode de polarisation 28
5.6.2 Perte dépendante de la polarisation 30
5.7 Non-linéarité optique 30
6 Applications du compensateur de dispersion 30
6.1 Débits binaires plus élevés 30
6.2 Durées plus longues non répétées 32
6.3 Emission à longueurs d'ondes multiples 32
7 Paramètres du système pour des compensateurs passifs de dispersion 34

Annexe A Liste de sigles 36

Bibliographie 38

Figure 1 – Limites du coefficient de dispersion pour la fibre B1 10
Figure 2 – Somme des dispersions d'une fibre B1 et d'un CDP basé sur FDC dans la vitrine de l'AO 18
Figure 3 – Caractéristiques de réflectivité et de délai d'un CDP basé sur RBF (la dispersion est la pente de la ligne) 20
Figure 4 – Compensateurs passifs de dispersion installés à un seul emplacement 30
Figure 5 – CDP installés avant les AO de puissance de l'émetteur (le circuit secondaire n'est pas représenté) 32
Figure 6 – MRF de deux bandes avec un AO et un CDP dans la bande supérieure 32
Figure 7 – MRF à canaux multiples dans la bande de l'AO 34

Tableau 1 – Limites de longueur calculées (en km) entre régénérateurs pour une atténuation et une dispersion à 1 550 nm 16
Tableau 2 – Gammes de longueurs de l'émission avec un CDP conçu pour compenser les longueurs types de la fibre B1 24

This document is a preview generated by EVS

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 7

1 Scope and object 9
2 Reference documents 9
3 Chromatic dispersion limitations 11
3.1 Chromatic dispersion of dispersion-unshifted fibre 11
3.2 Pulse broadening 13
3.3 Dispersion-limited length 15
4 Types of dispersion compensation 19
4.1 Passive compensation along the optical path 19
4.2 Compensation and accommodation by the transmitter or receiver 21
4.3 Active compensation along the optical path 23
4.4 Compensation by dispersion management 23
5 Passive dispersion compensator parameters 23
5.1 Operating wavelength range 23
5.2 Chromatic dispersion 23
5.3 Dispersion compensation rate 27
5.4 Insertion loss 27
5.5 Reflectance 29
5.6 Polarization 29
5.6.1 Polarization-mode dispersion 29
5.6.2 Polarization-dependent loss 31
5.7 Optical non-linearity 31
6 Dispersion compensator applications 31
6.1 Higher bit-rates 31
6.2 Longer unrepeated spans 33
6.3 Multiwavelength transmission 33
7 System parameters for passive dispersion compensators 35

Annex A List of acronyms 37

Bibliography 39

Figure 1 – Extremes of the dispersion coefficient for B1 fibre 11
Figure 2 – Summing the dispersions of a B1 fibre and a DCF-based PDC over the OA window 19
Figure 3 – Reflectivity and time-delay characteristics of an FBG-based PDC (dispersion is the slope of the line) 21
Figure 4 – Passive dispersion compensators placed at one location 31
Figure 5 – PDCs placed before transmitter booster OAs (protect circuit not shown) 33
Figure 6 – Two-band WDM with an OA and a PDC in the upper band 33
Figure 7 – Multichannel WDM in the OA band 35

Table 1 – Calculated length limits (in km) between regenerators as determined by attenuation and dispersion at 1 550 nm 17
Table 2 – Transmission length ranges with a PDC designed to compensate typical lengths of B1 fibre 25

This document is a preview generated by EVS

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

GUIDES DE CONCEPTION DES SYSTÈMES DE COMMUNICATIONS À FIBRES OPTIQUES –

Partie 5: Adaptation et compensation de la dispersion

This document is a preview generated by EVS

AVANT-PROPOS

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

La CEI 61282-5, qui est un rapport technique, a été établie par le sous-comité 86C: Systèmes et dispositifs actifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de la CEI: Fibres optiques.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
86C/291/CDV	86C/347/RVC

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Ce document, purement informatif, ne doit pas être considéré comme une Norme internationale.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FIBRE OPTIC COMMUNICATION SYSTEM DESIGN GUIDES –

Part 5: Accommodation and compensation of dispersion

This document is a preview generated by EVS

FOREWORD

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

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

IEC 61282-5, which is a technical report, has been prepared by subcommittee 86C: Fibre optic systems and active devices, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

The text of this technical report is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
86C/291/CDV	86C/347/RVC

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

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

This document, which is purely informative, is not to be regarded as an International Standard.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

En général, on utilise la compensation de dispersion en même temps que l'amplification optique. Actuellement, l'amplification optique est la plus pratique en employant les amplificateurs aux fibres dopées d'erbium qui fonctionnent dans la gamme de 1 550 nm. De tels systèmes sont utilisés pour étendre les espacements entre les répéteurs régénérateurs et pour augmenter le bilan de puissance pour les applications plus hautes de débit binaire par la largeur de bande. Les compensateurs de dispersion passive (CDP) ont des pertes intrinsèques qui sont surmontées par les amplificateurs optiques (AO). A l'avenir, il est possible que les AO dans la gamme de 1 310 nm ne demandent pas la compensation de dispersion des fibres B1.

Les CDP peuvent être utilisés dans l'environnement intercentraux et en réseau de distribution, pour l'émission analogique ou numérique, dans l'émission continue ou bidirectionnelle, dans l'émission par la longueur d'onde simple ou l'émission par multiplexage à répartition en longueur d'onde, et avec un AO externe. Le CDP aura des ports unimodaux en fibres optiques qui peuvent être des ports avec les fibres enrobées, les fibres tamponnées, le câble en fibres, ou avec les connecteurs optiques intégraux et sans fibres. Alternativement, un ou plusieurs CDP peuvent être utilisés avec un ou plusieurs AO en tant qu'éléments d'un composant intégré.

Dans ce rapport technique, le CDP sera considéré comme une «boîte noire» qui exécute de certaines transformations d'entrée à sortie, sans égards aux technologies particulières qui peuvent être utilisées dans le CDP.

This document is a preview generated by EVS

INTRODUCTION

Dispersion compensation is usually used in conjunction with optical amplification. Currently optical amplification is most practical utilizing erbium-doped fibre amplifiers operating in the 1 550 nm region. Such systems are used to extend the spacings between regenerative repeaters and to increase the power budget for higher bit-rate/bandwidth applications. Passive dispersion compensators (PDCs) have intrinsic losses that are overcome by the optical amplifiers (OAs). Future OAs in the 1 310 nm region may not require dispersion compensation of B1 fibre.

PDCs may be used in the interoffice and subscriber loop plant environment, for analogue or digital transmission, in unidirectional and bidirectional transmission, in single-wavelength or wavelength-division-multiplexed transmission, and with an OA external to it. The PDC will have single-mode optical fibre ports that may be ports with coated fibres, buffered fibres, fibre cable, or with integral optical connectors and no fibres. Alternatively, one or more PDCs may be used with one or more OAs as part of an integrated component.

In this technical report, the PDC will be discussed as a "black box" which performs certain input-to-output transforms, without regard to the particular technologies that may be employed within the PDC.

This document is a preview generated by EVS

GUIDES DE CONCEPTION DES SYSTÈMES DE COMMUNICATIONS À FIBRES OPTIQUES –

Partie 5: Adaptation et compensation de la dispersion

This document is a preview generated by EVS

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 61282, qui est un rapport technique, s'applique à l'adaptation et à la compensation de la dispersion dans les systèmes de communication à fibres optiques.

En général, la compensation de dispersion et l'adaptation de dispersion sont utilisées dans la gamme de 1 550 nm par des câbles qui incorporent une fibre de la catégorie B1 d'une mode unique conventionnelle (dispersion non décalée) comme illustré dans la CEI 60793-1 et la CEI 60793-2. En cette gamme de longueur d'onde, la fibre a un coefficient de dispersion positive d'une moyenne de 17 ps/nm–km. Il y a deux sous-catégories d'une telle fibre. La longueur d'onde de coupure de la fibre B1 est assez petite pour utiliser la fibre soit en gamme de 1 310 nm soit en gamme de 1 550 nm. La majorité des câbles à fibres optiques installés globalement contient ce type de fibre. La longueur d'onde de coupure de la fibre B1.2 est assez grande pour n'utiliser la fibre qu'en gamme de 1 550 nm. Des systèmes sous-marins utilisent cette fibre.

Les valeurs de dispersion inférieures sont obtenues par une fibre à dispersion décalée de la catégorie B2 et par une fibre de dispersion non nulle de la catégorie B4. On peut de temps en temps utiliser l'adaptation ou la compensation de dispersion avec ces types de fibre, mais on ne discutera que les fibres de la catégorie B1 dans ce rapport technique.

La compensation se réfère aux techniques ou aux composants qui réduisent la valeur de dispersion ou la pente de dispersion d'une liaison à fibres optiques afin d'activer l'émission aux débits numériques binaires plus hauts et aux fréquences analogiques plus hautes que celles qui seraient possibles sans l'utilisation de ces techniques. En réalité, la longueur d'onde de dispersion nulle cumulative du chemin optique va de la gamme de 1 310 nm vers une gamme de 1 550 nm. A quelques égards cumulatifs, on peut faire une liaison de dispersion non décalée d'une fibre B1 avec un compensateur de dispersion alignée pour ressembler à une liaison de fibres B2 de dispersion décalée. Quelques modèles de composants de compensation passive de dispersion comprennent des fibres de compensation de dispersion, des fibres de réseaux de Bragg, et des étalons.

L'adaptation se réfère aux techniques ou aux composants qui utilisent la dispersion afin d'activer l'émission aux débits numériques binaires plus hauts et aux fréquences analogiques plus hautes que celles qui seraient possibles sans l'utilisation de ces techniques. Quelques modèles de composants d'adaptation active de dispersion comprennent la préfluctuation de longueur d'onde optique ou électrique à l'émetteur, l'émission par dispersion, la conversion en onduleur spectrale au milieu de la travée, et le traitement du signal du récepteur. On traitera le sujet d'adaptation dans les révisions à venir de ce rapport technique.

La gestion qui renvoie aux techniques qui font changer le coefficient de dispersion le long du chemin optique (signe et magnitude) demeure à l'étude.

2 Documents de référence

CEI 60793-1 (toutes les parties), *Fibres optiques – Partie 1: Spécification générique*

CEI 60793-2, *Fibres optiques – Partie 2: Spécifications de produits*

FIBRE OPTIC COMMUNICATION SYSTEM DESIGN GUIDES –

Part 5: Accommodation and compensation of dispersion

This document is a preview generated by EVS

1 Scope and object

This part of IEC 61282, which is a technical report, applies to the accommodation and compensation of dispersion in fibre optic communication systems.

Generally, dispersion compensation and accommodation is used in the 1 550 nm region with cables incorporating conventional (dispersion-unshifted) single-mode category B1 fibre as shown in IEC 60793-1 and IEC 60793-2. In this wavelength region, the fibre has a positive dispersion coefficient that averages at about 17 ps/nm–km. There are two subcategories of such fibre. The cutoff wavelength of B1 fibre is low enough for the fibre to be used in either the 1 310 nm or the 1 550 nm region. Such fibre makes up the vast majority of installed fibre optic cable world wide. The cutoff wavelength of B1.2 fibre is high enough for the fibre to be used in the 1 550 nm region only. Such fibre is used in some submarine systems.

Smaller values of dispersion are attainable with dispersion-shifted category B2 fibre and with non-zero-dispersion category B4 fibre. Dispersion accommodation or compensation may sometimes be used with these fibre types as well, but only category B1 fibres will be discussed in this technical report.

Compensation refers to techniques or components that reduce the value of the dispersion or the dispersion slope of a fibre optic link to enable transmission at digital bit-rates and at analogue frequencies higher than would be possible without these techniques. Effectively, the cumulative zero-dispersion wavelength of the optical path is moved from the 1 310 nm region to somewhere in the 1 550 nm region. A link of dispersion-unshifted B1 fibre and an in-line dispersion compensator can be made to resemble, in some cumulative respects, a link of dispersion-shifted B2 fibre. Examples of passive dispersion compensating components include dispersion-compensating fibre, fibre Bragg gratings, and etalons.

Accommodation refers to techniques or components that utilize dispersion to enable transmission at digital bit-rates and at analogue frequencies higher than would be possible without these techniques. Examples of active dispersion accommodation include optical or electrical prechirping at the transmitter, dispersion-assisted transmission, midspan spectral inversion, and receiver signal processing. Accommodation will be treated in future revisions of this technical report.

Management referring to techniques that vary the dispersion coefficient along the optical path (both sign and magnitude) remains under study.

2 Reference documents

IEC 60793-1 (all parts), *Optical fibres – Part 1: Generic specification*

IEC 60793-2, *Optical fibres – Part 2: Product specifications*