

RECOMMANDATION UIT-R BT.1367-1

Système de transmission numérique série par fibres optiques pour signaux conformes aux Recommandations UIT-R BT.656*, UIT-R BT.799 et UIT-R BT.1120*****

(Question UIT-R 42/6)

(1998-2007)

Domaine de compétence

La présente Recommandation fournit des informations concernant l'utilisation des câbles à fibres optiques monomodes et multimodes transportant des données série définis dans les Recommandations UIT-R BT.656, UIT-R BT.799 et UIT-R BT.1120 (de 270 Mbit/s à 2,97 Gbit/s).

Elle donne également des informations sur les connecteurs à utiliser.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que le développement des moyens de production numériques a eu pour conséquence une utilisation accrue des interfaces numériques du type série;
- b) que l'adoption d'un mode opératoire numérique compatible à l'échelle mondiale permettra de mettre au point des équipements possédant de nombreuses caractéristiques communes, de réaliser des économies au plan de l'exploitation et de faciliter l'échange international des programmes;
- c) que, dans le but de réaliser les objectifs énoncés ci-dessus, l'accord s'est fait sur les paramètres de format d'image numérique de la télévision numérique pour les studios dans les Recommandations UIT-R BT.601 et UIT-R BT.709;
- d) que, dans le but de réaliser les objectifs énoncés ci-dessus, l'accord s'est fait sur la transmission des signaux sous leur forme numérique série électrique, dans les Recommandations UIT-R BT.656, UIT-R BT.799 et UIT-R BT.1120;
- e) que, pour la mise en œuvre pratique des Recommandations UIT-R BT.656, UIT-R BT.799 et UIT-R BT.1120, il est souhaitable également de définir les interfaces sous la forme optique;
- f) que les interfaces optiques confèrent aux signaux à transmettre une plus grande immunité à l'égard du bruit et permettent la transmission des signaux sur de plus grandes distances que ce n'est le cas avec les interfaces électriques,

* Recommandation UIT-R BT.656 – Interfaces pour les signaux vidéo numériques en composantes dans les systèmes de télévision à 525 lignes et à 625 lignes fonctionnant au niveau 4:2:2 de la Recommandation UIT-R BT.601.

** Recommandation UIT-R BT.799 – Interfaces pour les signaux vidéo numériques en composantes dans les systèmes de télévision à 525 lignes et à 625 lignes fonctionnant au niveau 4:4:4 de la Recommandation UIT-R BT.601.

*** Recommandation UIT-R BT.1120 – Interfaces numériques pour les signaux de TVHD en studio.

recommande

1 que, lorsque des interfaces optiques sont nécessaires pour assurer la conformité aux Recommandations UIT-R BT.656, UIT-R BT.799 et UIT-R BT.1120, ces interfaces répondent aux spécifications de l'Annexe 1.

Annexe 1

1 Introduction

La conformité à la présente Recommandation est volontaire. Toutefois, celle-ci peut contenir des dispositions obligatoires (par exemple pour garantir l'interopérabilité ou l'applicabilité) et la conformité à la Recommandation est obtenue lorsque toutes les dispositions obligatoires sont appliquées.

Le verbe «devoir» et tout autre terme chargé d'une obligation, ainsi que leurs équivalents dans les tournures négatives, sont utilisés pour exprimer des nécessités, mais leur utilisation ne fait nullement obligation de se conformer aux dispositions de la présente Recommandation.

2 Références normatives

Les Normes/Recommandations suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions de la présente Recommandation:

- Recommandation UIT-R BT.656;
- Recommandation UIT-R BT.799;
- Recommandation UIT-R BT.1120;
- CEI 61169-8 (2007-2) – Part 8: Sectional specification – RF coaxial connectors with inner diameter of outer conductor 6.5 mm (0.256 in) with bayonet lock-characteristic impedance 50 Ω (type BNC), Annex A (Normative) Information for interface dimensions of 75 Ω characteristic impedance connector with unspecified reflection factor¹;
- Recommandation UIT-T G.651 (1998) – Caractéristiques d'un câble à fibres optiques multimodes à gradient d'indice (50/125 μm);
- Recommandation UIT-T G.652 (2005) – Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes;
- CEI 60793-2-10 – Partie 2-10: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres multimodes de catégorie A1;
- CEI 60825-1 (2001-08) et son Amendement 1 – Sécurité des appareils à laser – Partie 1: Classification des matériels et exigences, et Guide de l'utilisateur;
- CEI 61754-20 (2002-08) – Interfaces de connecteurs pour fibres optiques – Partie 20: Famille de connecteurs de type LC.

Les références normatives concernant la CEI et l'UIT-T peuvent être consultées dans la Partie 2 du document: <http://www.itu.int/md/R03-WP6A-C-0149/en>.

¹ On observera que le titre de cette référence normative peut être trompeur. La présente Recommandation exige l'utilisation du connecteur de 75 ohms qui y est défini.

3 Spécifications du système de transmission optique

(Voir l'Appendice G pour la définition des termes relatifs aux fibres optiques, utilisés dans la présente Recommandation ou dans des références normatives connexes.)

3.1 Groupement physique et connecteurs des unités d'émission et de réception

3.1.1 Les connecteurs du domaine optique des unités d'émission et de réception préférées et les sections de leurs câbles d'entrée et de sortie de raccordement seront du type LC/PC au sens de la norme CEI 61754-20-1.

D'autres types de connecteurs, spécifiques à des applications précises, tels que SC, ST, FC, MU, etc., peuvent être spécifiés à titre facultatif.

3.1.2 Le polissage du connecteur du domaine optique des unités d'émission et de réception préférées sera du type PC.

D'autres polissages de connecteurs spécifiques à des applications telles que SPC, UPC et APC peuvent être spécifiés à titre facultatif, pour autant que le polissage soit clairement indiqué conformément aux dispositions des § 3.3.1 et 3.5.

La documentation concernant les produits des unités d'émission et de réception doit inclure des spécifications détaillées concernant le polissage des connecteurs optiques requis.

NOTE – Bien que les connecteurs à face terminale angulaire polie (c'est-à-dire du type APC) et les connecteurs à face terminale plate polie (c'est-à-dire du type PC, SPC, UPC) du même type (par exemple, LC) puissent être accouplés mécaniquement, ils ne sont pas compatibles optiquement. Il est par conséquent recommandé aux concepteurs et aux installateurs des systèmes de veiller à la compatibilité des câbles, des types de connecteurs et des polissages pendant toutes les opérations d'installation.

3.1.3 Une petite amorce (*pigtail*) en fibre monomode, conforme aux dispositions de la Recommandation UIT-T G.652, est utilisée pour raccorder la source lumineuse de l'unité d'émission à son connecteur optique de sortie, si la source lumineuse n'est pas physiquement installée et connectée dans un réceptacle.

Une petite amorce en fibre multimode (50/125), conforme aux spécifications de la Recommandation UIT-T G.651, peut convenir si l'unité d'émission est exclusivement destinée à des applications de liaison multimodales.

L'unité d'émission ou sa documentation produit devrait indiquer quel type d'amorce, le cas échéant, est installé.

3.1.4 Une petite amorce en fibre multimode (62,5/125), conforme aux spécifications de la norme CEI 60793-2-10, doit être utilisée pour raccorder le récepteur optique de l'unité de réception à son connecteur optique d'entrée si le récepteur n'est pas physiquement installé et connecté dans un réceptacle.

L'unité de réception ou sa documentation produit devrait indiquer quel type d'amorce, le cas échéant, est installé.

3.2 Unité d'émission pour des liaisons à faible puissance (courte distance), moyenne puissance (moyenne distance) ou forte puissance (grande distance)

3.2.1 L'unité d'émission produit un signal de sortie optique variable en intensité conformément aux paramètres de liaison applicable (voir le Tableau 1) à faible puissance (courte distance), moyenne puissance (moyenne distance) ou forte puissance (grande distance), lorsqu'il est modulé par un signal électrique défini dans la Recommandation UIT-R BT.656, la Recommandation UIT-R BT.799 ou la Recommandation UIT-R BT.1120.

On se reportera à l'Appendice D pour des exemples de fonctionnement maximum selon la distance d'émission pour des applications de liaison à faible puissance (courte distance), moyenne puissance (moyenne distance) et forte puissance (grande distance).

TABLEAU 1
Spécifications du signal de sortie de l'unité d'émission

	Liaison à forte puissance (grande distance)	Liaison à moyenne puissance (moyenne distance)	Liaison à faible puissance (courte distance)	
Fibre de circuit d'émission ⁽¹⁾	SM (9,0/125 µm)	SM (9,0/125 µm)	SM (9,0/125 µm)	MM ⁽²⁾ (50,0/125 µm, 62,5/125 µm)
Type de source lumineuse ^{(3), (4)}	Laser	Laser	Laser	Laser ou LED ^{(5), (6)}
Longueur d'onde optique	1 310 nm ± 40 nm	1 310 nm ± 40 nm	1 310 nm ± 40 nm	1 310 nm ± 40 nm
	1 550 nm ± 40 nm	1 550 nm ± 40 nm	1 550 nm ± 40 nm	850 nm ± 30 nm
Largeur maximale de la ligne spectrale entre points à mi-puissance	≤ 1 nm	≤ 2 nm	≤ 8 nm	≤ 30 nm
Puissance optique maximale ⁽⁷⁾	+10 dBm	0 dBm	-3 dBm	
Puissance optique minimale ⁽⁷⁾	0 dBm	-3 dBm	-12 dBm	
Rapport d'extinction minimum ⁽⁸⁾	5:1 (10:1 préféré)			
Temps de montée et de descente pour Rec. UIT-R BT.656 et Rec. UIT-R BT.799 ⁽⁹⁾	Suivant les dispositions des Recommandations UIT-R BT.656 et UIT-R BT.799 pour un signal électrique < 1,5 ns (de 20% à 80%)			
Temps de montée et de descente pour la Recommandation UIT-R BT.1120	Suivant la définition de la Recommandation UIT-R BT.1120 pour un signal électrique 1,5 Gbit/s < 270 ps (de 20% à 80%), pour 3,0 Gbit/s < 135 ps (de 20% à 80%)			
Gigue (optique) intrinsèque maximale	Suivant les dispositions des Recommandations UIT-R BT.656, UIT-R BT.799 et UIT-R BT.1120			
Puissance réfléchiée maximale	-14 dB			
Fonction de transfert électrique/optique	Intensité en logique «1»/intensité minimale en logique «0»			

⁽¹⁾ Spécifications des fibres optiques données dans la norme CEI 60793-2 (2003-10).

⁽²⁾ Voir la Recommandation UIT-T G.651 et la norme CEI 60793-2-10 – Partie 2-10: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres multimodes de catégorie A1, ainsi que pour le type de fibre facultatif MM.

⁽³⁾ Les lasers sont tous de la classe 1, suivant la spécification de la norme 60825-1 (2001-08).

⁽⁴⁾ Tous les équipements doivent être pourvus d'une étiquette signalant la présence d'un laser; cette étiquette doit être clairement visible lors des opérations de maintenance, de fonctionnement et d'entretien. Les lignes de texte et les symboles doivent être en noir sur un fond jaune. La mise en garde de la présence d'un laser peut être conforme à l'illustration.

⁽⁵⁾ Il se peut que les LED n'aient pas un fonctionnement fiable aux débits élevés spécifiés dans les Recommandations UIT-R BT.656, UIT-R BT.799 et UIT-R BT.1120.

⁽⁶⁾ Les unités d'émission destinées uniquement à des applications de liaison multimodales doivent être marquées de la sorte.

⁽⁷⁾ La puissance est une puissance moyenne mesurée avec un potentiomètre adapté.

⁽⁸⁾ C'est le rapport entre les puissances de sortie maximale et minimale de l'émetteur.

⁽⁹⁾ Les temps de montée/descente sont mesurés après un filtre Bessel-Thompson du quatrième ordre avec un point de 3 dB à $0,75 \times$ débit binaire en MHz, soit $0,75 \times 270$ Mbit/s = 203 MHz.



Voir l'Appendice C pour de plus amples informations.

3.3 Etiquetage des unités d'émission

3.3.1 Les unités d'émission doivent être pourvues d'étiquettes indiquant l'application (puissance faible, moyenne ou forte), le polissage des connecteurs, les types de charge utile leur correspondant et la longueur d'onde qu'elles utilisent. Les étiquettes seront au format <application>-<polissage>-<type du signal >-<longueur d'onde>.

- L'élément <application> a la valeur:
- H pour les applications de liaison à forte puissance (grande distance)
- M pour les applications de liaison à moyenne puissance (moyenne distance)
- L pour les applications de liaison à faible puissance (courte distance)
- L'élément <polissage> a la valeur:
- PC pour connecteurs à contact physique (face plate polie) – de préférence
- SPC pour connecteurs à contact physique super (face plate polie) – deuxième choix
- UPC pour connecteurs à contact physique ultra (face plate polie) – deuxième choix
- APC pour connecteurs à contact physique angulaire (face angulaire polie) – deuxième choix
- Pour chaque type de signal pris en charge, l'élément <type de signal> a la valeur:
- S pour indiquer la correspondance à la Recommandation UIT-R BT.656
- P pour indiquer la correspondance à la Recommandation UIT-R BT.799
- H pour indiquer la correspondance à la Recommandation UIT-R BT.1120
- L'élément <longueur d'onde> a la valeur:
- 850 pour les émetteurs à 850 nm
- 1 310 pour les émetteurs à 1 310 nm
- 1 550 pour les émetteurs à 1 550 nm
- Emetteurs à 1 310-1 550 nm

NOTE 1 – Les équipements conçus conformément aux précédentes versions de la présente Recommandation peuvent ne pas être conformes à cet étiquetage.

3.4 Unité de réception

L'unité de réception doit produire un signal électrique conforme aux spécifications des Recommandations UIT-R BT.656, UIT-R BT.799 et UIT-R BT.1120, lorsqu'elle reçoit un signal optique conforme au Tableau 2.

TABLEAU 2

Spécifications des signaux optiques à l'entrée du récepteur

Fibre du circuit d'émission	Monomode	Multimode ⁽¹⁾
Puissance de surcharge minimale à l'entrée ^{(2), (3)}	-7,5 dBm, 0 dBm de préférence	
Puissance minimale à l'entrée	20 dBm (144 Mbit/s-1,5 Gbit/s) -17 dBm (3 Gbit/s)	
Seuil d'endommagement du détecteur ⁽³⁾	+1 dBm (minimum)	

⁽¹⁾ La fibre multimode n'est pas recommandée pour les applications de liaison à forte puissance (grande distance) ou à moyenne puissance (moyenne distance) dans le cas de la Recommandation UIT-R BT.1120.

⁽²⁾ A l'intérieur de la gamme d'entrée du récepteur, la valeur minimale recommandée est d'un $TEB < 10^{-12}$, un $TEB < 10^{-14}$ étant l'objectif souhaité.

⁽³⁾ Suivant la mise en œuvre du produit, on peut avoir à utiliser des atténuateurs optiques pour obtenir les valeurs de performance indiquées en ce qui concerne les critères de surcharge et d'endommagement. Voir les Appendices E et F pour de plus amples informations.

3.5 Etiquetage des unités de réception

Les unités de réception doivent être pourvues d'étiquettes indiquant le polissage du connecteur et les types de surcharge leur correspondant. Les étiquettes seront au format <polissage>-<type du signal>-<gamme de longueur d'onde>.

- a) L'élément <polissage> a la valeur:
- PC pour les connecteurs à contact physique (face plate polie) – de préférence
 - SPC pour les connecteurs à contact physique super (face plate polie) – deuxième choix
 - UPC pour les connecteurs à contact physique ultra (face plate polie) – deuxième choix
 - APC pour les connecteurs à contact physique angulaire (face angulaire polie) – deuxième choix
- b) Pour chaque type de signal pris en charge, l'élément <type de signal> a la valeur:
- S pour indiquer la correspondance à la Recommandation UIT-R BT.656
 - P pour indiquer la correspondance à la Recommandation UIT-R BT.799
 - H pour indiquer la correspondance à la Recommandation UIT-R BT.1120
- c) L'élément <gamme de longueur d'onde> a la valeur:
- 850 pour des émetteurs de 850 nm
 - 1 310 pour des émetteurs de 1 310 nm
 - 1 550 pour des émetteurs de 1 550 nm
 - Emetteurs de 1 310-1 550 nm

Exemple: Une unité de réception polie PC prenant en charge des signaux conformes à la Recommandation UIT-R BT.656 à une longueur d'onde de 850 nm sera pourvue d'une étiquette indiquant simplement PC-S-850.

3.6 Spécifications du circuit et du connecteur à fibre optique

3.6.1 Options de types de fibre optique

On peut utiliser une fibre monomode, pour des applications de moyenne puissance/moyenne distance, et une fibre monomode ou multimode pour des applications à faible puissance/courte distance, pour établir un circuit optique point à point entre les connecteurs optiques de l'émetteur et du récepteur. Un circuit point à point peut comprendre une ou plusieurs sections interconnectées en série, du type de fibre optique sélectionné dans des câbles, des jarretières et/ou des cordons de connexion. Le mélange de plusieurs types de fibres dans différentes sections d'un circuit point à point est possible physiquement, mais inacceptable techniquement, et ne serait pas conforme aux dispositions de la présente Recommandation.

La fibre optique monomode doit être conforme aux dispositions de la Recommandation UIT-T G.652 (1997-04; Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes), et avoir un affaiblissement maximal de 0,35 dB par km à 1 310 nm, et de 0,25 dB par km à 1 550 nm.

La fibre optique multimode doit être conforme aux dispositions de la norme CEI 60793-2-10 (Partie 2-10: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres multimodes de catégorie A1) ou de la Recommandation UIT-T G.651 (fibre à gradient d'indice [GI] de 50/125 microns), et avoir un affaiblissement maximal de 1,5 dB par km à 1 310 nm, ou de 3,75 dB par km à 850 nm.

NOTE – Pour les fibres multimodes, la distance maximale peut être limitée par la dispersion des signaux, qu'on peut exprimer par le produit débit binaire-longueur. Pour une fibre à indice de 50/125, ce produit se situe dans la gamme de 500 MHz*km à 2 GHz*km, tandis que pour une fibre à gradient de 62,5/125, il est compris entre 200 MHz*km et 400 MHz*km. Ces valeurs peuvent varier en fonction de la longueur d'onde. En conséquence, la dispersion pour des fibres multimodes spécifiques peut être optimisée en fonction de longueurs d'ondes particulières.

Perte par réflexion des connecteurs optiques

Aux connecteurs optiques correspondent les pertes par réflexion optique ci-dessous; les mesures ont été réalisées à 23° C ±5° C, conformément aux dispositions de la norme CEI 60793-1-40 (2001-07): Méthodes de mesure et procédures d'essai – Affaiblissement.

TABLEAU 3

Perte par réflexion des connecteurs optiques

Type de fibre	Perte par réflexion minimale
Fibre multimode 62,5/125 ou 50/125 microns	20 dB
Fibre monomode 8-10/125 microns	26 dB

NOTE 1 – Les valeurs minimales des pertes par réflexion ont été calculées compte tenu de réflexions multiples en ligne.

Appendice A

Définition des termes relatifs aux supports de transmission optique et aux connecteurs optiques

A.1 Assemblages de fibres optiques et de câbles

Les câbles contiennent une ou plusieurs fibres optiques sous enveloppe, disposées en faisceau ou en ruban plat. Les nombres de fibres pour les câbles à grande densité sont déterminés par le concepteur, qui doit choisir entre l'économie de place dans les conduits et la nécessité d'une bonne gestion des câbles à fibres optiques.

Les jarretières, les cordons de connexion et les extensions de circuits en fibres sont des câbles à fibre(s) optique(s) spécialisés contenant une ou plusieurs fibres, chacune d'elles placée dans une enveloppe protectrice.

Les câbles mixtes optiques/cuivre sont des ensembles constitués par une ou plusieurs fibres multimodes et/ou monomodes, avec deux ou plusieurs fils ou tresses de cuivre isolés électriquement. Ces câbles sont fabriqués pour des applications spéciales, par exemple pour l'interconnexion des têtes de caméra et des stations de base.

Les amorces sont des fibres individuelles enrobées d'une matière plastique, mais sans enveloppe protectrice. On les installe à l'intérieur des équipements terminaux pour prolonger un circuit en fibre(s) depuis un boîtier de panneau d'interconnexion jusqu'à un dispositif optique placé dans l'équipement. A l'extrémité du panneau d'interconnexion, les amorces se terminent dans une interface de connecteurs appropriés (voir les § 0.3 et 3.1.4).

A.2 Composants de connexion optiques type

Les connecteurs sont installés aux deux extrémités de toutes les fibres, dans des cordons de connexion à une, deux ou plusieurs fibres, et dans des câbles à fibres multiples protégées sous enveloppe. On installe aussi des connecteurs, à l'une des extrémités des amorces, l'autre extrémité étant fixée physiquement à des dispositifs Tx et Rx placés dans les équipements des utilisateurs.

Les adaptateurs sont installés dans des panneaux de connexion à montage sur bâti ou montage mural, dans des armoires de télécommunications et des salles d'équipements, pour raccorder des fibres terminées sur connecteur. Ils représentent l'équivalent optique des tambours BNC à double extrémité ou des adaptateurs montés sur panneau, servant à interconnecter des longueurs tandem de câble à paires coaxiales. Les adaptateurs constituent des moyens mécaniques qui permettent de raccorder bout à bout avec précision des embouts de connecteur avec fibres en saillie. On les utilise pour établir physiquement des circuits constitués par connexion série de fibres en câble ou d'amorce multimodes et monomodes.

Les adaptateurs contiennent aussi les raccordements suivants: raccordement d'une amorce de sortie monomode d'une source lumineuse avec l'entrée d'un circuit de transmission multimode, et raccordement de la sortie d'un circuit de transmission monomode avec l'amorce d'entrée multimode d'un récepteur optique. Dans la pratique de l'industrie des télécommunications, on a le droit d'utiliser des amorces monomodes dans une unité Tx pour l'interfaçage avec des circuits à fibres multimodes. Dans une unité Rx, on peut employer des amorces multimodes pour recevoir les signaux optiques en provenance de circuits à fibres monomodes.

Les boîtiers sont installés dans les équipements terminaux pour réaliser l'interface entre des unités Tx et Rx optiques internes et les circuits de câblage présents dans les locaux. Un boîtier peut comprendre physiquement la moitié d'un adaptateur, les sources lumineuses et les photodiodes étant installées dans l'autre moitié. Ces boîtiers peuvent être montés physiquement sur les cartes de circuits imprimés des unités Tx ou Rx. Lorsqu'un transducteur E/O ou O/E multimode ou monomode est monté sur une carte de circuits imprimés qui ne peut pas être placée physiquement sur le panneau d'interface, l'interconnexion avec le boîtier du panneau est réalisée à l'aide d'une amorce (voir les § 3.1.3 et 3.1.4).

Appendice B

Options de conception et de performance des circuits de transmission optique

B.1 Critères de sélection des unités Tx et Rx

Le bilan de puissance d'une liaison de transmission par fibres optiques est donné par la différence arithmétique entre la puissance de sortie minimale de la source optique (Tableau 1) et la puissance d'entrée maximale du récepteur optique (Tableau 2). Le bilan de puissance minimal nécessaire pour transmettre un signal entre la source et l'équipement de destination est égal à la somme suivante: affaiblissement de la fibre à la longueur d'onde de transmission souhaitée, plus total des pertes mesurées ou spécifiées à toutes les épissures et dans les connecteurs (ces pertes peuvent atteindre 0,5 dB par épissure ou par connecteur). Il est conseillé au concepteur du système d'ajouter un affaiblissement pour «imprévu» de 3 à 6 dB lorsqu'il établit le bilan d'affaiblissement d'un long circuit composé d'une multiplicité de sections.

«Les unités Tx et Rx monomodes nécessaires pour réaliser un bilan d'affaiblissement donné entraînent un gonflement des coûts, mais ce surcroît de coût peut être compensé par l'utilisation de fibres multimodes, moins coûteuses, dans l'ensemble du circuit. Toutefois, les fibres multimodes ont une «largeur de bande minimale de fibre» (exprimée par une valeur maximale de la grandeur «largeur de bande-kilomètre») qui oblige à utiliser la fibre monomode dans toute liaison à moyenne puissance/moyenne distance qui, à terme, devrait acheminer des signaux conformes aux dispositions de la Recommandation UIT-R BT.1120. Ce choix imposé de type de fibre n'a pas d'équivalent dans les calculs de perte correspondant aux circuits de transmission coaxiaux.

L'utilisation de fibres multimodes à l'intérieur de circuits de liaison à faible puissance (courte distance) entraînera par ailleurs, pour ces mêmes valeurs, un fonctionnement de moindre qualité qu'avec des fibres multimodes.

B.2 Caractéristiques de la transmission par fibres multimodes et monomodes

Les distances sur lesquelles les signaux numériques peuvent être transmis sans erreurs sur des fibres multimodes et monomodes dépendent de certaines valeurs limites des longueurs de circuit en «effet de falaise»; ces limites sont dues, respectivement, à des phénomènes de dispersion «modale» et «chromatique». Les fibres multimodes acceptent les rayons lumineux (modes) entrantes en provenance de la source lumineuse sous des angles d'incidence maxima définis par le «cône d'admission» (ouverture numérique – NA) de la fibre. Les temps de propagation des rayons porteurs d'impulsions, réfléchis d'une limite à une autre dans le cœur de la fibre, augmentent avec la distance. La distance de l'«effet de falaise» de la fibre multimode, calculée sur la base de sa valeur de «largeur de bande-kilomètre» (voir plus haut), est la distance à partir de laquelle le signal n'est plus récupérable, parce que le temps d'arrivée des impulsions transportées par un grand nombre de

rayons masque les points de transition du signal ou déborde sur les impulsions en provenance des intervalles unitaires des signaux adjacents.

Contrairement à ce qu'on croit communément, même la plus chère des sources lumineuses à laser semi-conducteur n'émet pas la lumière sur une seule longueur d'onde. Le rayon unique transmis le long du coeur (8,0 à 10,0 microns) subit un retard de propagation différent à chaque longueur d'onde dans la raie spectrale (largeur maximale 8 nm) à la sortie du laser (Tableau 1). Dans une fibre monomode, le point d'«effet de falaise» – situé à plusieurs kilomètres en aval de la fibre – se trouve à une distance définie comme suit: distance à laquelle le temps d'arrivée des impulsions transportées, pour les valeurs extrêmes de la longueur d'onde spectrale, masque les points de transition du signal ou déborde sur les impulsions en provenance des intervalles unitaires des signaux adjacents.

B.3 Limitation du traitement des signaux numériques des transducteurs E/O

Les concepteurs ne doivent pas oublier que les signaux conformes aux Recommandations UIT-R BT.656 et UIT-R BT.799 peuvent contenir une importante énergie basse fréquence.

Appendice C

Sécurité de fonctionnement des lasers

Les rayonnements visibles et invisibles émis par les diodes laser et les DEL utilisées dans les systèmes de communication à fibres optiques sont considérés comme une application sûre de la technologie laser. Toute la lumière produite reste à l'intérieur du coeur de la fibre interconnectée; il n'y a pas de fuites à travers la gaine ou l'enveloppe extérieure. En cas de déconnexion de l'amorce d'une source lumineuse en activité, il existe un très faible risque de lésion de l'oeil, dans le cas fort improbable où une personne regarderait la fibre de très près pendant une longue période.

Les publications de la CEI contiennent des directives sur les modes opératoires à respecter lorsqu'on utilise des systèmes de communication à fibres optiques. On trouve aussi dans ces publications des renseignements sur les plaques de fabrication devant être apposées sur les modules qui contiennent une source lumineuse laser/DEL émettant vers l'extérieur par l'intermédiaire d'une amorce ou d'un connecteur optique.

Appendice D

Gamme de distances maximales d'émission

On peut calculer les gammes de distances maximales d'émission pour des applications de liaison à faible puissance (courte distance), moyenne puissance (moyenne distance) et forte puissance (grande distance) en soustrayant les niveaux de puissance à la sortie des émetteurs des niveaux de puissance minimale à l'entrée des récepteurs, puis en multipliant le résultat par le facteur de perte des fibres aux longueurs d'onde données (voir les Tableaux 4 à 6).

Dans l'analyse des pertes, il n'est pas tenu compte des pertes liées aux joints ou aux connecteurs, qui sont habituellement de 0,1 dB chacune pour des fibres monomodes et de 0,5 dB chacune pour des fibres multimodes. D'autres facteurs de perte n'étant pas pris en compte, les calculs n'ont qu'une valeur indicative pour une mise en œuvre.

TABLEAU 4

**Applications de liaison à faible puissance (courte distance) –
Distance maximale d'émission**

	Fibre monomode				Fibre multimode			
	A la puissance de sortie minimale		A la puissance de sortie maximale		A la puissance de sortie minimale		A la puissance de sortie maximale	
Longueur d'onde	1 310 nm	1 550 nm	1 310 nm	1 550 nm	850 nm	1 310 nm	850 nm	1 310 nm
Perte des fibres (dB/km)	0,35	0,25	0,35	0,25	3,75	1,5	3,75	1,5
Puissance de sortie (dBm)	-12		-3		-12		-3	
Puissance d'entrée minimale (dBm) (143 Mbit/s ~ 1,5 Gbit/s)	-20		-20		-20		-20	
Puissance d'entrée minimale (dBm) (3 Gbit/s)	-27		-27		-27		-27	
Budget des pertes (dB) (143 Mbit/s ~ 1,5 Gbit/s)	8		17		8		17	
Budget des pertes (dB) (3 Gbit/s)	5		14		5		14	
Distance approximative (km) (143 Mbit/s ~ 1,5 Gbit/s)	22	32	48	68	2	5	5	11
Distance approximative (km) (3 Gbit/s)	14	20	40	56	1	2	3	8

NOTE 1 – Pour des applications avec des fibres multimode, la distance maximale peut être limitée par la dispersion du signal, exprimée sous forme du produit débit binaire-longueur.

TABLEAU 5

**Applications de liaison à moyenne puissance (moyenne distance) –
Distance d'émission maximale**

	Fibre monomode			
	A la puissance de sortie minimale		A la puissance de sortie minimale	
Longueur d'onde	1 310 nm	1 550 nm	1 310 nm	1 550 nm
Perte des fibres (dB/km)	0,35	0,25	0,35	0,25
Puissance de sortie (dBm)	-3		0	
Puissance d'entrée minimale (dBm) (143 Mbit/s ~ 1,5 Gbit/s)	-25		-25	

TABLEAU 5 (*fin*)

	Fibre monomode			
	A la puissance de sortie minimale		A la puissance de sortie minimale	
Puissance d'entrée minimale (dBm) (3 Gbit/s)	-27		-27	
Budget des pertes (dB) (143 Mbit/s ~ 1,5 Gbit/s)	17		20	
Budget des pertes (dB) (3 Gbit/s)	14		17	
Distance (km) (143 Mbit/s ~ 1,5 Gbit/s)	49	68	57	80
Distance (km) (3 Gbit/s)	40	56	49	68

TABLEAU 6

**Applications de liaison à forte puissance (grande distance) –
Distance d'émission maximale**

	Fibre monomode			
	A la puissance de sortie minimale		A la puissance de sortie minimale	
Longueur d'onde	1 310 nm	1 550 nm	1 310 nm	1 550 nm
Perte des fibres (dB/km)	0,35	0,25	0,35	0,25
Puissance de sortie (dBm)	0		+10	
Puissance d'entrée minimale (dBm) (143 Mbit/s ~ 1,5 Gbit/s)	-25		-25	
Puissance d'entrée minimale (dBm) (3 Gbit/s)	-27		-27	
Budget des pertes (dB) (143 Mbit/s ~ 1,5 Gbit/s)	20		30	
Budget des pertes (dB) (3 Gbit/s)	17		27	
Distance (km) (143 Mbit/s ~ 1,5 Gbit/s)	57	80	86	120
Distance (km) (3 Gbit/s)	49	68	77	108

Appendice E

Distance d'émission minimale

La distance d'émission minimale correspond à l'interconnexion la plus courte qu'il est possible de mettre en œuvre sans distorsion du signal; on peut la calculer en soustrayant le niveau de puissance maximale et minimale à la sortie de l'émetteur du niveau de puissance maximale à l'entrée (surcharge minimale à l'entrée) du récepteur.

La différence de puissance est alors arrondie à zéro si elle est négative, et le budget minimum des pertes qui est ainsi obtenu est multiplié par le facteur de perte des fibres à la longueur d'onde donnée (voir les Tableaux 7 à 9).

Il faut prévoir un certain affaiblissement pour les récepteurs conçus avec une puissance d'entrée maximale de -7,5 dBm lorsqu'ils sont utilisés dos à dos avec des émetteurs à faible, moyenne ou

forte puissance fonctionnant à leur niveau de puissance le plus élevé, afin d'éviter d'éventuelles distorsions du signal et d'éventuelles erreurs sur les bits.

Il ressort des Tableaux 7 à 9 que:

- il faut un affaiblissement de 4,5 dB pour éviter toute distorsion lorsque le récepteur est raccordé à un émetteur à faible puissance fonctionnant au niveau de puissance le plus élevé;
- il faut un affaiblissement de 7,5 dB pour éviter toute distorsion lorsque le récepteur est raccordé à un émetteur à moyenne puissance fonctionnant au niveau de puissance le plus élevé;
- il faut un affaiblissement de 17,5 dB pour éviter toute distorsion lorsque le récepteur est raccordé à un émetteur à forte puissance fonctionnant au niveau de puissance le plus élevé.

Compte tenu des pertes liées aux fibres, on aura au moins six degrés d'affaiblissement pour des configurations de systèmes types.

Lorsqu'il est monté dos à dos avec des émetteurs à faible puissance fonctionnant au niveau de puissance le plus élevé, le récepteur peut être connecté jusqu'à une longueur de liaison de zéro mètre sans qu'il y ait de distorsion, comme il est indiqué au Tableau 7.

Les récepteurs conçus avec une puissance d'entrée maximale de 0 dBm peuvent être couplés dos à dos avec une longueur de liaison de zéro mètre pour toutes les applications d'émission, sauf pour les émetteurs à forte puissance (grande distance) fonctionnant à leur niveau de puissance de sortie le plus élevé. Ainsi qu'on peut le voir dans le Tableau 9, il faut un affaiblissement d'au moins 10 dB pour éviter dans ces conditions toute distorsion.

TABLEAU 7

**Applications de liaison à faible puissance (courte distance) –
Surcharge minimale à l'entrée**

	Fibre monomode				Fibre multimode			
	A la puissance de sortie minimale		A la puissance de sortie maximale		A la puissance de sortie minimale		A la puissance de sortie maximale	
Longueur d'onde	1 310 nm	1 550 nm	1 310 nm	1 550 nm	850 nm	1 310 nm	850 nm	1 310 nm
Pertes liées aux fibres (dB/km)	0,35	0,25	0,35	0,25	3,75	1,5	3,75	1,5
Puissance de sortie (dBm)	-25		-25		-25		-25	
Puissance d'entrée maximale (dBm) (surcharge minimale à l'entrée)	-27		-27		-27		-27	
Budget des pertes minimal (dB)	0/0		4,5/0		0/0		4,5/0	
Distance minimale de la liaison (km)	0	0	13/0	18/0	0	0	1/0	3/0

TABLEAU 8

**Applications de liaison à moyenne puissance (moyenne distance) –
Surcharge minimale à l'entrée**

	Fibre monomode			
	A la puissance de sortie minimale		A la puissance de sortie maximale	
	1 310 nm	1 550 nm	1 310 nm	1 550 nm
Longueur d'onde	1 310 nm	1 550 nm	1 310 nm	1 550 nm
Pertes liées aux fibres (dB/km)	0,35	0,25	0,35	0,25
Puissance de sortie (dBm)	-3		0	
Puissance d'entrée maximale (dBm) (surcharge minimale à l'entrée)	-7,5/0 (préféré)		-7,5/0 (préféré)	
Budget des pertes minimal (dB)	4,5/0		7,5/0	
Distance minimale de la liaison (km)	13/0	18/0	21/0	30/0

TABLEAU 9

**Applications de liaison à forte puissance (grande distance) –
Surcharge minimale à l'entrée**

	Fibre monomode			
	A la puissance de sortie minimale		A la puissance de sortie maximale	
	1 310 nm	1 550 nm	1 310 nm	1 550 nm
Longueur d'onde	1 310 nm	1 550 nm	1 310 nm	1 550 nm
Pertes liées aux fibres (dB/km)	0,35	0,25	0,35	0,25
Puissance de sortie (dBm)	0		10	
Puissance d'entrée maximale (dBm) (surcharge minimale à l'entrée)	-7,5/0 (préféré)		-7,5/0 (préféré)	
Budget des pertes minimal (dB)	7,5/0		17,5/10	
Distance minimale de la liaison (km)	21/0	30/0	50/29	70/40

Appendice F

Seuils d'endommagement

On peut calculer les seuils d'endommagement en soustrayant le niveau de puissance à l'entrée du récepteur susceptible d'endommager le détecteur du niveau de puissance maximale à la sortie de l'émetteur.

Les Tableaux 10 à 12 montrent que les équipements conçus pour fonctionner conformément aux dispositions de la Recommandation UIT-R BT.1367 seront parfaitement interoperables dans toutes les conditions de fonctionnement ou dans toutes les combinaisons des applications de liaison à faible, moyenne ou forte puissance, sauf pour les émetteurs à forte puissance (grande distance) fonctionnant à leur niveau de puissance de sortie le plus élevé. Ainsi qu'on peut le voir dans le Tableau 12, il faudra un affaiblissement d'au moins 9 dB pour éviter dans ces conditions d'endommager le détecteur.

Il convient d'observer qu'étant donné les pertes liées aux fibres on disposera d'au moins ce degré d'affaiblissement pour des configurations de systèmes types.

S'il existe un risque de mauvaise connexion transversale accidentelle d'émetteurs à forte puissance (grande distance) sur des circuits destinés à des liaisons de faible puissance (courte distance), il conviendrait de doter le système d'atténuateurs ou d'affaiblisseurs optiques adaptés.

TABLEAU 10

**Applications de liaison à faible puissance (courte distance) –
Seuils d'endommagement du détecteur**

	Fibre monomode		Fibre multimode	
	A la puissance de sortie minimale	A la puissance de sortie maximale	A la puissance de sortie minimale	A la puissance de sortie maximale
Puissance de sortie (dBm)	-12	-3	-12	-3
Endommagement du détecteur (dB)	1	1	1	1
Affaiblissement minimum nécessaire pour éviter d'endommager le détecteur (dB)	0	0	0	0

TABLEAU 11

**Applications de liaison à moyenne puissance (moyenne distance) –
Seuils d'endommagement du détecteur**

	Fibre monomode	
	A la puissance de sortie minimale	A la puissance de sortie maximale
Puissance de sortie (dBm)	-3	0
Endommagement du détecteur (dB)	1	1
Affaiblissement minimum nécessaire pour éviter d'endommager le détecteur (dB)	0	0

TABLEAU 12

**Applications de liaison à forte puissance (grande distance) –
Seuils d'endommagement du détecteur**

	Fibre monomode	
	A la puissance de sortie minimale	A la puissance de sortie maximale
Puissance de sortie (dBm)	0	10
Endommagement du détecteur (dB)	1	1
Affaiblissement minimum nécessaire pour éviter d'endommager le détecteur (dB)	0	9

Appendice G

Glossaire de termes se rapportant aux fibres optiques

(Les termes définis ci-après sont utilisés dans la présente Recommandation et dans les références normatives connexes.)

Absorption: partie de l'affaiblissement optique d'une fibre optique due à la transformation de l'énergie optique en chaleur. Causée par des impuretés dans la fibre telles que les ions hydroxyles, l'absorption a un effet uniquement à certaines longueurs d'onde. Avec la diffusion, elle constitue la principale cause de l'affaiblissement dans un guide d'onde optique.

Adaptateur: dispositif mécanique conçu pour aligner, puis raccorder des connecteurs à fibre optique; souvent appelé également coupleur.

Affaiblissement: réduction de la puissance optique moyenne dans un guide d'onde optique. Les principales causes en sont la diffusion et l'absorption, ainsi que les pertes optiques intervenant dans les connecteurs et joints. L'affaiblissement (dénommé également perte) s'exprime normalement en décibels (dB) et est égal à: $x \text{ dB} = -10 \log_{10} (P_o/P_i)$, où P_i est la puissance optique mesurée à l'entrée et P_o la puissance optique mesurée à la sortie. Comme P_o est inférieure à P_i , on met devant le 10 un moins pour que x soit positif.

Affaiblissement de couplage: perte de puissance subie lors du couplage de deux dispositifs optiques.

Affaiblissement de réflexion: voir Réflectance.

Affaiblissement d'insertion: affaiblissement dû à l'insertion d'un élément optique, comme un connecteur ou un coupleur, dans un système de transmission optique.

Amorce: petite longueur de fibre optique utilisée pour raccorder des composants optiques. Est normalement fixée de manière permanente d'un côté au composant et de l'autre au connecteur.

Angle critique: plus petit angle par rapport à l'axe de la fibre auquel un rayon peut être totalement réfléchi à l'interface coeur/gaine.

Angle d'admission: demi-angle du cône à l'intérieur duquel la lumière incidente est totalement réfléchie, en interne, par le coeur de la fibre à l'interface de cette dernière avec la gaine. L'angle d'admission est égal à $\sin^{-1}(\text{NA})$, où NA est l'ouverture numérique (*numeric aperture*).

Angle de lancement: angle compris entre la direction de propagation de la lumière incidente et l'axe optique d'un guide d'ondes optiques.

Angle d'incidence: angle formé par un rayon incident et le plan normal par rapport à une surface réfléchissante.

APC: abréviation de *angled physical contact*, contact physique angulaire. Type de connecteur à fibre optique fabriqué ou poli avec un angle de 5°-15° sur son extrémité pour réduire autant que possible la réflexion vers l'arrière.

Atténuateur: élément optique passif qui réduit l'intensité d'un signal optique le traversant sans que soit perturbé par ailleurs le signal.

Bruit modal: perturbation de fibres multimodes alimentées par des diodes laser. Se produit lorsque les fibres contiennent des éléments dont l'effet d'affaiblissement dépend du mode, tel que des raccords imparfaits, et varient avec la cohérence de la lumière laser.

BUDGET de la liaison (budget de la liaison optique, budget des pertes de la liaison, budget de puissance): gamme des puissances optiques à l'intérieur de laquelle une liaison à fibre optique fonctionnera dans les limites des critères de qualité spécifiés. On la calcule en soustrayant la puissance optique injectée dans une fibre optique de la sensibilité minimale du récepteur optique au point d'extrémité de la liaison. Le budget d'une liaison tient compte normalement de tous les panneaux d'interconnexion et des câbles de connexion du système, et permet aux concepteurs système d'en vérifier le bon fonctionnement avant l'installation.

Câble pour vide technique: câble ignifugé posé directement dans les vides techniques formés par les faux plafonds ou les vides sous toit, sans l'utilisation de gaine.

Circuits intégrés optoélectroniques: combine des fonctions électroniques et des fonctions optiques sur une seule puce.

Coefficient d'affaiblissement: rapport des pertes de puissance optique sur la distance le long de la fibre optique, mesuré normalement en décibels par kilomètre (dB/km) à une longueur d'onde donnée. Plus le chiffre est petit et meilleure est la fibre.

Coeur: région centrale d'une fibre optique dans laquelle est transmise la lumière, du fait d'un indice de réfraction plus élevé que celui de la gaine qui l'entoure.

Composants/circuits optiques intégrés (IOC): dispositifs optiques externes procédant au traitement des signaux concernant la lumière transmise par des guides d'ondes. Les IOC comprennent des guides d'ondes qui structurent et confinent la lumière qui se propage à une région dotée de une ou de deux dimensions très petites, de l'ordre de la longueur d'onde de la lumière. Un matériau couramment utilisé dans le processus de fabrication d'un IOC est le Niobate de lithium (LiNbO₂).

Connecteur à contact physique: type de connecteur optique assurant le contact physique entre des fibres pourvues d'embouts afin de réduire les effets par réflexion de Fresnel aux faces terminales du connecteur.

Connecteur SC: type de connecteur utilisé sur un câble à fibre optique dont la section est en plastique moulé et rectangulaire; pourvu d'un mécanisme de verrouillage qu'il faut pousser pour l'insérer et tirer pour l'enlever, au lieu d'un raccord fileté, ce qui empêche tout défaut d'alignement par rotation. Un clic audible indique que le connecteur est bien enfoncé.

Connecteur ST: type de connecteur utilisé sur un câble à fibre optique employant un raccordement à ressorts, qui se tourne et se verrouille, identique aux connecteurs BNC utilisés avec les câbles coaxiaux.

Coupleur (coupleur optique): composant optique utilisé pour scinder ou combiner la puissance du signal optique. Exemple de coupleur: «splitters», «coupleurs T», coupleurs «2×2» ou «1×2».

Coupleur en Y: variation d'un coupleur en T dans lequel la lumière d'entrée est divisée entre deux canaux (typique d'un guide d'ondes plan) qui sortent de l'entrée en formant un Y.

Coupleur T: coupleur avec trois ports.

Courant de seuil: courant de traction dans lequel l'amplification de l'onde lumineuse dans une diode laser devient supérieure aux pertes optiques, de sorte que commence l'émission stimulée. Le courant de seuil dépend fortement de la température.

Courant d'obscurité: courant externe qui, dans des conditions de polarisation inverse, circule dans un photodétecteur en l'absence de rayonnement incident.

Débit binaire: nombre maximum de bits d'information pouvant être transmis par seconde sur une liaison de transmission de données. Souvent exprimé en mégabits par seconde (Mbit/s) ou en gigabits par seconde (Gbit/s).

Décibel (dB): unité standard de mesure qui exprime le gain, ou la perte, relatif de la puissance optique ou électrique sur une échelle logarithmique, suivant la formule $\text{dB} = 10 \log_{10}(P_1/P_2)$, où P_1 et P_2 sont le rapport des deux niveaux de puissance.

Détecteur: transducteur qui fournit un courant électrique de sortie en réponse à une puissance optique incidente. Le courant de sortie dépend de la quantité de lumière reçue et du type de dispositif.

Diffusion de Rayleigh: diffusion par fluctuations de l'indice de réfraction (inhomogénéités dans la densité ou la composition des matériaux), petites par rapport à la longueur d'onde.

Diode électroluminescente (LED): dispositif à semi-conducteurs émettant de la lumière incohérente depuis un raccordement p-n quand il est soumis à une polarisation directe. Suivant la structure du dispositif, de la lumière peut émaner du bord de la bande de raccordement ou de sa surface.

Diode laser (LD): diode à semi-conducteurs, émettant de la lumière cohérente quand elle est soumise à une polarisation directe au-dessus d'un courant de seuil.

Diode laser à injection (ILD): diode laser dans laquelle l'émission stimulée qui caractérise des dispositifs de ce type se produit au niveau du raccord entre semi-conducteurs dans des conditions d'une polarisation directe à l'origine de l'injection d'électrons et de trous dans le raccord.

Dispersion: étalement temporel du signal dans un guide d'onde optique. Prend diverses formes: dispersion modale, dispersion matérielle et dispersion dans le guide d'onde. Par suite de cette dispersion, un guide d'onde optique filtre avec des dispositifs passe-bas les signaux émis.

Dispersion chromatique: étalement d'une impulsion lumineuse provoquée par la différence d'indices de réfraction à des longueurs d'onde différentes; cet étalement réduit la largeur de bande efficace de la fibre en modifiant les temps de montée/descente des signaux numériques au niveau du récepteur optique.

Dispersion de matériau: dispersion due à l'écart de vitesse de propagation en fonction de la longueur d'onde d'une fibre optique.

Dispersion d'un guide d'ondes: élément de la dispersion chromatique due aux différences de vitesse auxquelles circule la lumière dans le coeur et dans la gaine d'une fibre monomode.

Dispersion modale (dispersion multimode): étalement des impulsions dû au fait que plusieurs rayons lumineux parcourent des distances différentes, à des vitesses différentes dans une fibre optique.

Distorsion intermodale: distorsion de l'onde dans les systèmes à fibre multimode due à la propagation des modes optiques multiples dans ces systèmes et à la dispersion temporelle consécutive de la lumière qui se propage dans ces modes.

Distorsion multimode: distorsion du signal dans un guide d'ondes optiques due à la superposition de modes aux temps différents.

Diviseur de faisceau: dispositif utilisé pour diviser ou scinder un faisceau optique en deux faisceaux distincts au plus.

Embout: élément d'une connexion à fibre optique qui maintient rigidement la fibre en place et aide à son alignement.

Emetteur: dispositif et source utilisés pour convertir des signaux électriques en signaux optiques.

Emission spontanée: se produit lorsque dans la bande d'un semi-conducteur il y a trop d'électrons, qui occupent spontanément les emplacements vacants dans la bande de valence; chaque électron émettant un photon, la lumière émise est incohérente.

Emission stimulée: se produit quand les photons dans un semi-conducteur stimulent les porteurs de charge en excès disponibles, entraînant l'émission de nouveaux photons. La lumière émise est identique en longueur d'onde et en phase à la lumière cohérente incidente.

Fenêtre: le terme fenêtre renvoie aux gammes de longueurs d'onde correspondant aux propriétés de la fibre optique. Les fenêtres pour les fibres optiques sont les suivantes: première fenêtre, 820 à 850 nm, deuxième fenêtre: 1 300 à 1 310 nm et troisième fenêtre: 1 550 nm.

Fibre à dispersion décalée: type de fibre monomode conçu pour une dispersion nulle à proximité de 1 550 nm. Ce type de fibre ne convient pas très bien pour des applications DWDM à cause de la forte non-linéarité de la fibre à la longueur d'onde où la dispersion est nulle.

Fibre à dispersion décalée non nulle: fibre monomode à dispersion décalée qui se manifeste à proximité de la fenêtre de 1 550 nm, mais à l'extérieur de la fenêtre effectivement utilisée pour émettre les signaux, maximalisant la largeur de bande de la fibre tout en minimalisant l'effet des non-linéarités de la fibre sur le signal transmis.

Fibre à gradient d'indice: fibre optique possédant un indice de réfraction qui est une fonction parabolique de la distance radiale entre l'axe de la fibre, décroissante dans la direction à partir de l'axe, et la gaine.

Fibre à saut d'indice: Fibre ayant un indice de réfraction uniforme à l'intérieur du coeur, et une forte diminution de cet indice à l'interface coeur/gaine.

Fibre compensant la dispersion: fibre dont la dispersion est dans un système de transmission contraire à celle d'autres fibres, compensant ainsi les effets de dispersion de ces autres fibres.

Fibre de lancement: fibre raccordant un laser ou une LED à une autre fibre, servant normalement de connexion.

Fibre entretenant la polarisation: fibre optique monomode qui entretient sur toute sa longueur une seule polarisation de la lumière émise. Comme elle ne transforme pas la lumière d'une polarisation à une autre, cette fibre présente d'excellentes caractéristiques de dispersion qui la destinent au transfert de données à des vitesses extrêmement élevées.

Fibre monomode: fibre optique pourvue d'un coeur de petit diamètre dans lequel un seul mode, le mode fondamental, est capable de propagation. Ce type de fibre est particulièrement bien adapté aux transmissions large bande sur de longues distances, étant donné que sa largeur de bande est limitée uniquement par le phénomène de dispersion chromatique.

Fibre multimode: guide d'ondes optiques dont le diamètre du coeur est grand par rapport à la longueur d'onde optique, et dans lequel plus d'un seul mode est capable de propagation.

Fibre optique: tout filament ou toute fibre, en matériau diélectrique, qui guide la lumière.

Fil de connexion: câble à fibres optiques, équipé de connecteurs, d'une longueur limitée. Est utilisé pour procéder à un raccordement entre un équipement à fibres optiques et/ou des câbles à fibres optiques.

Fils en aramide: élément de renfort assurant une résistance à la traction, une certaine rigidité et une protection additionnelle de l'ensemble de la fibre optique. Kevlar™ est un exemple particulier de fils en aramide dont l'utilisation s'est généralisée.

Filtre de mode: utilisé dans des systèmes à fibres multimodes, supprime les modes d'ordre élevé de la puissance à l'extrémité de lancement, simulant la distribution par mode de la lumière dans une fibre, comme ce serait le cas si on procédait à des mesures à des centaines de mètres dans la fibre. Cette répartition par mode, dénommée «distribution par mode d'équilibre», revêt un intérêt lorsqu'on teste des récepteurs optiques, étant donné qu'elle supprime la nécessité d'utiliser de grandes longueurs de fibre dans le banc d'essai du récepteur.

Fluctuation de longueurs d'onde: variation de la longueur d'onde centrale de la diode laser qui est mise sous tension et hors tension dans des systèmes numériques à fibre optique.

Gaine: matériau diélectrique entourant le coeur d'une fibre optique. La gaine se caractérise par un indice de réfraction inférieur à celui du matériau du coeur, ce qui fait que l'onde lumineuse est piégée dans le coeur et circule le long de la fibre.

Gaine interne: tube plastique souple, renforcé, destiné à:

- abriter plusieurs tubes à l'intérieur d'un seul tube de plus grande section;
- assurer la protection physique d'un câble à fibres dans un chemin de câble ou dans une installation sous plancher; ou
- assurer le remplissage complet d'un câble à fibres partiellement rempli. Une gaine interne est normalement réalisée en matériau canulé et revêtue de couleurs vives pour en permettre la détection rapide à l'oeil dans un chemin de câble ou en installation sous plancher.

Guide d'ondes: structure qui capte une onde électromagnétique et en guide la propagation.

Guide d'ondes optiques: synonyme de fibre optique.

Indice de réfraction: rapport de la vitesse de la lumière dans le vide à celle dans un médium optiquement dense.

Indice de réfraction (indice réfractif): rapport de la vitesse de la lumière en espace libre sur la vitesse de la lumière dans une fibre optique, l'indice de réfraction est toujours supérieur ou égal à 1.

Intensité: carré de l'intensité de champ électrique d'une onde électromagnétique. L'intensité est proportionnelle au flux énergétique par unité d'aire (irradiance).

Irradiance: densité de puissance au niveau d'une surface par laquelle passe le rayonnement à la surface rayonnante d'une source lumineuse, ou à la section d'un guide d'ondes optiques. L'unité normale est le watt par centimètre carré, ou W/cm^2 .

Joint: raccord permanent entre deux guides d'ondes optiques.

Joint bout à bout: résultat du raccord permanent, ou semi-permanent, de deux fibres mises bout à bout, sans connecteur.

Largeur de bande: plus petite fréquence à laquelle la grandeur de la fonction de transfert du guide d'onde décroît et passe à 3 dB (puissance optique) en dessous de la valeur de sa fréquence zéro; on parle ainsi souvent de «largeur de bande à 3 dB». La largeur de bande sera fonction de la longueur du guide d'onde, mais peut ne pas lui être directement proportionnelle.

Liaison par fibre optique: câble à fibre optique pourvu de connecteurs raccordés à un émetteur (source) et à un récepteur (détecteur).

Longueur d'onde centrale: longueur d'onde centrale nominale d'un laser, ou point central entre les deux longueurs d'onde de demi-amplitude d'une LED.

Longueur d'onde de coupure: plus petite longueur d'onde à laquelle fonctionne une fibre monomode.

Longueur d'onde de crête: longueur d'onde à laquelle la puissance optique d'une source est à son maximum.

Longueur d'onde de dispersion nulle (point à dispersion nulle): dans une fibre optique monomode, longueur d'onde à laquelle la dispersion dans le matériau et la dispersion dans le guide d'ondes s'annulent l'une l'autre, correspondant au point auquel la largeur de bande atteint son maximum.

Lumière: dans le domaine des lasers et des transmissions optiques, partie du spectre électromagnétique pouvant être gérée selon les techniques optiques de base utilisées pour le spectre visible, s'étendant de la région de l'ultraviolet proche de 0,3 micron environ, via la région visible, jusqu'à la région de l'infrarouge moyen de 30 microns environ.

Lumière incohérente: les LED émettent de la lumière incohérente, contrairement aux diodes laser, qui émettent une lumière cohérente.

Macrocourbure: déviations axiales macroscopiques d'une fibre par rapport à la ligne droite qui fait que de la lumière s'échappe de la fibre, d'où un affaiblissement optique.

Matière à correspondance d'indice: matière, souvent un liquide ou un gel, dont l'indice de réfraction est pratiquement égal à l'indice du cœur de la fibre. Peut être utilisée pour réduire les réflexions de Fresnel depuis la face terminale d'une fibre.

Microcourbure: courbures de la fibre qui entraînent des déplacements axiaux de quelques micromètres et des longueurs d'onde spatiales de quelques millimètres. Du fait de microcourbures, de la lumière peut s'échapper de la fibre, ce qui accroît l'effet d'affaiblissement.

Micron: Micromètre (mm). Un millionième de mètre (1×10^{-6} m).

Mode: onde électromagnétique unique se propageant dans un guide d'ondes optiques.

Mode fondamental: mode d'ordre le plus petit d'un guide d'onde optique.

Modulation de l'intensité: technique de modulation dans laquelle l'intensité de la puissance optique d'une source varie en fonction du signal modulant. La modulation de l'intensité souvent utilisée dans les systèmes de transmission numérique où les «1» et «0» numériques sont signalés par la mise sous tension ou hors tension d'un laser ou d'une LED.

Monochromatique: consistant en une seule longueur d'onde. En pratique, le rayonnement n'est jamais parfaitement monochromatique, mais, dans le meilleur des cas, présente une bande étroite de longueurs d'onde.

Multiplexage par répartition en longueur d'onde (MRL): transmission simultanée de plusieurs signaux dans un guide d'ondes optiques à différentes longueurs d'onde.

Multiplexage par répartition en longueurs d'onde dense (DWDM): technique combinant sur une seule fibre optique de nombreuses longueurs d'onde, étroitement espacées, dans la région de 1 550 nm. L'espacement des longueurs d'onde est spécifié à 100 ou 200 GHz.

Multiplexage par répartition espacée en longueurs d'onde (CWDM): technique combinant sur une seule fibre jusqu'à huit fréquences porteuses optiques, largement espacées; solution moins onéreuse que les systèmes de multiplexage par répartition en longueurs d'onde dense du fait de tolérances moins strictes appliquées aux lasers et aux coupleurs WDM.

Nanomètre (nm): un milliardième de mètre (1×10^{-9} m).

Onde lumineuse: ondes électromagnétiques dans la région des fréquences optiques qui se propagent dans une direction normale au front des ondes optiques.

Optoélectronique: tout dispositif faisant office de transducteur électrique-optique ou optique-électrique.

Ouverture numérique: mesure de la gamme des angles de lumière incidente transmise par l'intermédiaire d'une fibre. L'ouverture numérique est déterminée par les différences d'indices de réfraction entre le coeur de la fibre et la gaine.

Perte de transmission: perte totale subie pendant l'émission dans l'ensemble d'un système.

Perte par courbure: affaiblissement intervenant à l'endroit où une fibre est coudée suivant un petit rayon.

Pertes extrinsèques: pertes causées par les imperfections du connecteur mécanique ou du raccordement de deux fibres. Voir Pertes intrinsèques.

Pertes intrinsèques: pertes inhérentes aux joints des fibres optiques, qui sont dues aux différences microscopiques existant entre les fibres qui sont raccordées. Voir Pertes extrinsèques.

Photocourant: courant circulant dans un dispositif photosensible, comme une photodiode, par suite de son exposition à une puissance optique.

Photodiode: diode à semi-conducteurs produisant du photocourant en absorbant de la lumière. Sert à la détection de la puissance optique et à la transformation de la puissance optique en courant électrique.

Photodiode à avalanche (APD): photodiode conçue pour tirer parti de la multiplication par effet d'avalanche du photocourant. Quand la tension de la polarisation inverse au niveau de la jonction des diodes s'approche de la valeur de rupture, les paires trou-électron créées par les photons absorbés acquièrent une énergie suffisante pour créer des paires trou-électron supplémentaires lorsqu'elles entrent en collision avec des ions; c'est ainsi qu'est obtenue une multiplication, ou gain du signal.

Photodiode PIN: diode dotée d'une large région intrinsèque comprise entre des régions semi-conductrices dopées-p et dopées-n. Les photons entrant dans cette région créent des paires électron-trou qui sont séparées par un champ électrique et balayé par un courant de polarisation, ce qui crée un courant électrique dans le circuit de charge qui varie en fonction de l'intensité de la lumière s'exerçant sur la région intrinsèque de la diode.

Photon: quantité d'énergie électromagnétique.

Préforme: structure de verre dont on peut extraire un guide d'onde à fibre optique.

Produit largeur de bande-longueur: utilisé pour déterminer la capacité d'une fibre de transmettre un signal d'une largeur de bande donnée et pour une distance donnée, le produit largeur de bande-longueur est égal au produit de la longueur de la fibre, en kilomètre, et du maximum de largeur de bande à 3 dB que la fibre peut supporter, en mégahertz ou gigahertz, à une longueur d'onde optique particulière.

Puissance équivalente au bruit (PEB): valeur quadratique de la puissance optique qu'il faut pour produire un rapport signal/bruit au carré égal à 1. La PEB est une indication du niveau de bruit qui définit le niveau minimum du signal détectable.

Rapport de couplage: exprimé en pourcentage, rapport entre la puissance optique à un port de sortie d'un coupleur optique et la puissance totale de sortie des coupleurs optiques.

Rapport d'extinction: concernant les LED et les diodes laser, le rapport d'extinction est le rapport entre la puissance émise par la diode lorsqu'elle envoie un signal de faible intensité (puissance minimale) et la puissance émise lorsqu'elle transmet un signal de forte intensité (puissance maximale).

Rayon: représentation géométrique d'un trajet lumineux dans un médium optique; ligne normale par rapport au front de l'onde indiquant la direction d'écoulement de l'énergie de rayonnement.

Rayon axial: rai de lumière courant le long de l'axe central d'une fibre optique.

Rayon de courbure: plus petit rayon selon lequel une fibre ou un câble optique peut être coudé avant qu'intervienne un affaiblissement excessif ou une rupture de la fibre.

Récepteur: détecteur et circuit électronique changeant les signaux optiques en signaux électriques.

Récepteur PIN-FET: récepteur optique doté d'une photodiode PIN et d'un amplificateur à faible bruit avec une entrée à forte impédance, dont le premier niveau incorpore un transistor à effet de champ (FET, *field-effect transistor*).

Réfectance: rapport de l'onde réfléchie et de l'onde incidente à un raccord du connecteur/interface, ou à d'autres composants ou dispositifs, mesuré habituellement en décibels (dB). La réfectance est une valeur négative, par exemple -30 dB. Un connecteur de -40 dB ou d'une valeur inférieure à -30 dB a une meilleure qualité de réfectance. Les termes affaiblissement par réflexion, RÉTRORÉFLEXION et réflectivité, également utilisés dans l'industrie pour décrire les effets de réflexion de dispositifs, ont quant à eux des valeurs positives.

Réflecteur optique temporel par diffusion (OTDR): dispositif servant à tester une fibre utilisée pour transmettre une impulsion optique et mesurer les effets de rétrodiffusion et de réflexion par rapport à l'entrée en fonction du temps. Sert également à estimer le coefficient d'affaiblissement en fonction de la distance et de déterminer d'éventuels défauts et autres pertes localisées.

Réflexion: changement abrupt de direction d'un faisceau lumineux à l'interface entre deux médias différents, le faisceau lumineux retournant dans le médium d'où il provenait.

Réflexion de Fresnel: réflexion, et affaiblissement correspondant, d'une partie de la lumière incidente sur une surface plane entre deux supports homogènes ayant des indices de réfraction différents. La réflexion de Fresnel se produit aux interfaces air/verre aux extrémités d'entrée et de sortie d'une fibre optique. Les pertes maximales par réflexion de Fresnel à une interface air/verre sont de 4% de la lumière incidente.

Réflexion interne totale: réflexion totale qui se produit lorsque la lumière frappe une interface à des angles d'incidence supérieurs à l'angle critique.

Réfraction: courbure d'un faisceau de lumière à une interface entre deux médias différents, ou dans un médium dont l'indice de réfraction est une fonction continue de position (médium à gradient d'indice).

Répéteur: dispositif ou module optoélectronique qui reçoit un signal optique, le convertit en signal électrique, l'amplifie ou le reconstruit, avant de le réémettre sous une forme optique.

Rétrodiffusion: processus où une petite fraction de la lumière, qui est diffusée et défléchiée par rapport à la direction originelle de propagation dans le guide d'onde optique, subit un changement de direction et remonte en se propageant en direction de l'émetteur.

Revêtement AR, antireflet: mince pellicule diélectrique ou métallique appliquée sur une surface optique pour en réduire la réflexion, et donc accroître le coefficient de transmission.

Revêtement primaire: revêtement plastique appliqué directement sur la surface de la gaine de la fibre pendant la fabrication pour préserver l'intégrité de la surface.

Sensibilité du récepteur: puissance optique minimale nécessitée par un récepteur pour des taux d'erreur sur les bits acceptables. Dans le cas d'une transmission de signaux numériques, la puissance optique moyenne s'exprime normalement en watts ou en dBm (décibels rapportés à 1 milliwatt).

Sensibilité énergétique: rapport de variation entre le signal électrique mesuré à la sortie et à l'entrée du détecteur, exprimé en unités d'ampère par watt (ou en microampères par microwatt).

Seuil d'endommagement du détecteur: niveau de puissance maximum garanti que le détecteur peut recevoir sans être endommagé.

Source: moyen (habituellement une LED ou un laser) utilisé pour convertir un signal électrique transportant des informations, en un signal optique correspondant en vue de sa transmission par un guide d'ondes optiques.

Source lumineuse cohérente: source lumineuse dans laquelle l'amplitude et la phase de toutes les ondes sont exactement identiques. Un exemple de source lumineuse cohérente est le laser.

Surcharge du récepteur: puissance optique maximale à laquelle on peut soumettre un récepteur pour des taux d'erreur sur les bits acceptables. Dans le cas d'une transmission de signaux numériques, la puissance optique moyenne s'exprime normalement en watts ou en dBm (décibels rapportés à 1 milliwatt).

Tampon: matériau utilisé pour protéger une fibre optique de tout dommage physique, assurant une isolation et une protection mécanique. On utilise entre autres techniques de fabrication le gainage serré ou le gainage lâche, ainsi que des revêtements par couches superposées.

TEB (taux d'erreur sur les bits): dans une application numérique, rapport entre les bits reçus en erreur et les bits expédiés. Dans des systèmes à fibre optique, un TEB type est de l'ordre de 1 erreur par milliard de bits (1×10^{-9}) transmis.

UPC/SPC: abréviation de contact physique ultra/contact physique super. Type de connecteur à fibre optique fabriqué ou poli avec une extrémité arrondie convexe permettant aux fibres de se toucher en un point haut à proximité du coeur de la fibre où circule la lumière.
