

Union internationale des télécommunications

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

G.657

(12/2006)

SÉRIE G: SYSTÈMES ET SUPPORTS DE
TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX
NUMÉRIQUES

Caractéristiques des supports de transmission et des
systèmes optiques – Câbles à fibres optiques

**Caractéristiques des câbles et fibres optiques
monomodes insensibles aux pertes par
courbure pour les réseaux d'accès**

Recommandation UIT-T G.657

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE G
SYSTÈMES ET SUPPORTS DE TRANSMISSION, SYSTÈMES ET RÉSEAUX NUMÉRIQUES

CONNEXIONS ET CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX	G.100–G.199
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES COMMUNES À TOUS LES SYSTÈMES ANALOGIQUES À COURANTS PORTEURS	G.200–G.299
CARACTÉRISTIQUES INDIVIDUELLES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX À COURANTS PORTEURS SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.300–G.399
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SYSTÈMES TÉLÉPHONIQUES INTERNATIONAUX HERTZIENS OU À SATELLITES ET INTERCONNEXION AVEC LES SYSTÈMES SUR LIGNES MÉTALLIQUES	G.400–G.449
COORDINATION DE LA RADIOTÉLÉPHONIE ET DE LA TÉLÉPHONIE SUR LIGNES	G.450–G.499
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION ET DES SYSTÈMES OPTIQUES	G.600–G.699
Généralités	G.600–G.609
Paires symétriques en câble	G.610–G.619
Câbles terrestres à paires coaxiales	G.620–G.629
Câbles sous-marins	G.630–G.639
Systèmes optiques en espace libre	G.640–G.649
Câbles à fibres optiques	G.650–G.659
Caractéristiques des composants et sous-systèmes optiques	G.660–G.679
Caractéristiques des systèmes optiques	G.680–G.699
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.700–G.799
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.800–G.899
SECTIONS NUMÉRIQUES ET SYSTÈMES DE LIGNES NUMÉRIQUES	G.900–G.999
QUALITÉ DE SERVICE ET DE TRANSMISSION – ASPECTS GÉNÉRIQUES ET ASPECTS LIÉS À L'UTILISATEUR	G.1000–G.1999
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	G.6000–G.6999
DONNÉES SUR COUCHE TRANSPORT – ASPECTS GÉNÉRIQUES	G.7000–G.7999
ASPECTS RELATIFS AUX PROTOCOLES EN MODE PAQUET SUR COUCHE TRANSPORT	G.8000–G.8999
RÉSEAUX D'ACCÈS	G.9000–G.9999

Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.

Recommandation UIT-T G.657

Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes insensibles aux pertes par courbure pour les réseaux d'accès

Résumé

Les techniques utilisées pour les réseaux d'accès à large bande évoluent rapidement dans le monde entier. Parmi elles, la technique faisant appel à la *fibre monomode* offre un support de transmission de capacité élevée permettant de répondre à la demande croissante de services à large bande.

L'expérience en matière d'installation et d'exploitation des réseaux utilisant les câbles et fibres monomodes est considérable. Aussi la Recommandation UIT-T G.652, qui décrit les caractéristiques de ces réseaux a-t-elle été adaptée en conséquence. Cela étant, l'utilisation spécifique d'un réseau d'accès optique impose des exigences particulières pour la fibre et le câble, ce qui a des incidences sur les caractéristiques relatives à la performance optimale de ce réseau. Les différences dans l'utilisation du réseau de transport général sont essentiellement dues à la densité du réseau de distribution et à celle des câbles de dérivation du réseau d'accès. Compte tenu de l'espace limité dont on dispose dans le réseau et des nombreuses manipulations à effectuer, la performance des fibres doit être sûre pour l'opérateur et la sensibilité aux courbures doit être limitée. En outre, le câblage dans les bureaux de télécommunication chargés, où l'espace est un facteur limitant, doit être amélioré en conséquence.

La Recommandation UIT-T G.657 a pour objet d'assurer l'optimisation de ces conditions en préconisant une performance fortement améliorée en cas de courbure, comparée à celle des câbles et fibres optiques monomodes G.652 actuellement recommandée. Pour cela, deux catégories de fibres monomodes ont été adoptées: les fibres de catégorie A, qui sont entièrement compatibles avec les fibres monomodes G.652 et qui peuvent aussi être utilisées dans d'autres parties du réseau; et les fibres de catégorie B, qui ne sont pas nécessairement compatibles avec la Rec. UIT-T G.652, mais qui présentent de faibles valeurs de perte par macrocourbure avec de petits rayons de courbure et qui sont essentiellement destinées à être utilisées à l'intérieur de bâtiments.

Source

La Recommandation UIT-T G.657 a été approuvée le 14 décembre 2006 par la Commission d'études 15 (2005-2008) de l'UIT-T selon la procédure définie dans la Recommandation UIT-T A.8.

AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

L'Assemblée mondiale de normalisation des télécommunications (AMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'étude à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T, lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

Dans certains secteurs des technologies de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

Le respect de cette Recommandation se fait à titre volontaire. Cependant, il se peut que la Recommandation contienne certaines dispositions obligatoires (pour assurer, par exemple, l'interopérabilité et l'applicabilité) et considère que la Recommandation est respectée lorsque toutes ces dispositions sont observées. Le futur d'obligation et les autres moyens d'expression de l'obligation comme le verbe "devoir" ainsi que leurs formes négatives servent à énoncer des prescriptions. L'utilisation de ces formes ne signifie pas qu'il est obligatoire de respecter la Recommandation.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux développeurs de consulter la base de données des brevets du TSB sous <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2007

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

TABLE DES MATIÈRES

	Page	
1	Domaine d'application	1
2	Références.....	1
3	Termes et définitions	2
4	Abréviations.....	2
5	Attributs des fibres.....	2
5.1	Diamètre du champ de mode	2
5.2	Diamètre de gaine.....	2
5.3	Erreur de concentricité du cœur	2
5.4	Non-circularité.....	3
5.5	Longueur d'onde de coupure	3
5.6	Perte par macrocourbure.....	3
5.7	Propriétés des matériaux des fibres	4
5.8	Profil de l'indice de réfraction	4
5.9	Uniformité longitudinale de la dispersion chromatique	4
5.10	Coefficient de dispersion chromatique applicable aux fibres de catégorie A.....	4
6	Attributs des câbles.....	5
6.1	Coefficient d'atténuation.....	5
6.2	Coefficient de dispersion modale de polarisation pour les fibres de catégorie A.....	5
7	Tableaux des valeurs recommandées.....	6
Appendice I – Estimation de la durée de vie des fibres monomodes présentant un petit rayon de courbure lors de leur installation		10
I.1	Introduction	10
I.2	Structure du réseau et taux de défaillance du réseau.....	10
I.3	Considérations relatives à la durée de vie des fibres.....	11
I.4	Conclusions	12
Bibliographie.....		13

Introduction

Les techniques utilisées pour les réseaux d'accès à large bande évoluent rapidement dans le monde entier. Parmi elles, la technique faisant appel à la *fibre monomode* offre un support de transmission de capacité élevée permettant de répondre à la demande croissante de services à large bande.

L'expérience en matière d'installation et d'exploitation des réseaux utilisant des câbles et fibres monomodes est considérable. Aussi la [UIT-T G.652], qui décrit les caractéristiques de ces réseaux, a-t-elle été adaptée en conséquence. Cela étant, l'utilisation spécifique d'un réseau d'accès optique impose des exigences particulières pour la fibre et le câble. Compte tenu de la forte densité du réseau de distribution et du réseau de câbles de dérivation, de l'espace limité et des nombreuses manipulations nécessaires dans cette partie du réseau, les caractéristiques des fibres et des câbles peuvent ne pas être optimisées de la même façon que dans un réseau de transport général. La présente Recommandation a pour objet d'assurer l'optimisation de ces caractéristiques en préconisant des valeurs d'attribut différentes pour les câbles et fibres monomodes G.652 autres que celles actuellement préconisées et en recommandant d'autres catégories de fibres monomodes.

En ce qui concerne les structures de réseau dans lesquelles sont utilisés les câbles à fibres optiques monomodes, le lecteur est prié de se reporter aux nombreuses informations figurant dans la bibliographie.

Recommandation UIT-T G.657

Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes insensibles aux pertes par courbure pour les réseaux d'accès

1 Domaine d'application

La présente Recommandation décrit deux catégories de câble à fibres optiques monomodes qui peuvent être utilisées dans les réseaux d'accès, y compris à l'intérieur de bâtiments situés à l'extrémité de ces réseaux.

Les fibres de catégorie A sont destinées à être utilisées dans la bande O, E, S, C ou L (c'est-à-dire dans la gamme de longueurs d'ondes comprises entre 1260 et 1625 nm). Les fibres de cette catégorie constituent un sous-ensemble des fibres G.652.D et présentent les mêmes propriétés de transmission et d'interconnexion. Les principales améliorations qui ont été apportées portent sur la réduction des pertes par courbure et sur des spécifications plus contraignantes relatives aux dimensions, ceci afin d'améliorer la connectivité.

Les fibres de catégorie B conviennent pour une transmission à 1310, 1550 et 1625 nm pour des distances limitées qui sont associées au transport des signaux dans les bâtiments. Ces fibres possèdent des propriétés d'épissure et de connexion différentes de celles des fibres G.652, mais présentent de très faibles valeurs de perte par macrocourbure avec de petits rayons de courbure.

On trouvera dans les Recommandations G.650.1 et G.650.2 la signification des termes utilisés dans la présente Recommandation ainsi que les lignes directrices à suivre pour les mesures permettant de vérifier les diverses caractéristiques concernées. On précisera les caractéristiques de ces catégories de fibres, y compris les définitions des paramètres pertinents, les méthodes de test correspondantes ainsi que les valeurs associées en fonction de l'évolution des études et des résultats obtenus.

2 Références

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui, de ce fait, en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou tout texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible, aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations de l'UIT-T en vigueur est régulièrement publiée. La référence à un document figurant dans la présente Recommandation ne donne pas à ce document, en tant que tel, le statut d'une Recommandation.

- [G.650.1] Recommandation UIT-T G.650.1 (2004), *Définitions et méthodes de test applicables aux attributs linéaires déterministes des fibres et câbles optiques monomodes.*
- [G.650.2] Recommandation UIT-T G.650.2 (2004), *Définitions et méthodes de test applicables aux attributs se rapportant aux caractéristiques statistiques et non linéaires des fibres et câbles optiques monomodes.*
- [G.652] Recommandation UIT-T G.652 (2005), *Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes.*
- [CEI 60793-1-47] CEI 60793-1-47 (2006), *Fibres optiques – Partie 1-47: Méthodes de mesure et procédures d'essai – Pertes par macrocourbures.*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Recommandation, les définitions et les lignes directrices à suivre pour les mesures permettant de vérifier les diverses caractéristiques concernées, qui figurent dans [UIT-T G.650.1] et [UIT-T G.650.2], s'appliquent. Les valeurs doivent être arrondies au nombre de chiffres indiqué dans les tableaux de valeurs recommandées, avant d'évaluer la conformité.

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

DGD temps de propagation de groupe différentiel (*differential group delay*)

PMD dispersion modale de polarisation (*polarization mode dispersion*)

5 Attributs des fibres

Les caractéristiques des fibres optiques, qui constituent le cadre essentiel de conception en vue de la fabrication des fibres, de la conception des systèmes et de l'utilisation dans des réseaux d'installations extérieures, ont été recommandées dans [UIT-T G.652]. Le présent paragraphe porte essentiellement sur les attributs visant à optimiser les fibres et les câbles destinés à être utilisés dans des réseaux d'accès optiques à large bande et en particulier à *améliorer le comportement des fibres à l'égard des macrocourbures* afin de permettre l'installation de systèmes de gestion des fibres peu volumineux ainsi qu'un montage des fibres à faible rayon dans les bureaux de télécommunication et les locaux des abonnés, aussi bien dans des résidences en location que dans des maisons d'habitation.

Pour être complet, les caractéristiques des fibres qui constituent un cadre minimal essentiel de conception en vue de la fabrication des fibres sont également recommandées dans le présent paragraphe. Les tableaux du § 7 présentent des plages ou des limites de valeurs. Parmi celles-ci, la fabrication ou l'installation des câbles peut affecter de manière significative la longueur d'onde de coupure de la fibre câblée et la dispersion modale de polarisation (PMD, *polarization mode dispersion*). Toutefois, les caractéristiques recommandées s'appliquent de la même façon à une fibre isolée, à une fibre incorporée dans un câble enroulé sur un touret et à une fibre faisant partie d'un câble installé.

5.1 Diamètre du champ de mode

Une valeur nominale et la tolérance sur cette valeur minimale doivent toutes deux être spécifiées à 1310 nm. La valeur nominale spécifiée doit se situer dans la plage indiquée dans le § 7. La tolérance spécifiée ne doit pas dépasser la valeur indiquée dans le § 7. L'écart par rapport à la valeur nominale ne doit pas dépasser la tolérance spécifiée.

5.2 Diamètre de gaine

La valeur nominale recommandée pour le diamètre de gaine est de 125 µm. Une tolérance est également spécifiée et elle ne doit pas dépasser la valeur indiquée dans le § 7. L'écart dans la gaine par rapport à la valeur nominale ne doit pas dépasser la tolérance spécifiée.

5.3 Erreur de concentricité du cœur

L'erreur de concentricité du cœur ne doit pas dépasser la valeur spécifiée dans le § 7.

5.4 Non-circularité

5.4.1 Non-circularité du champ de mode

Dans la pratique, la non-circularité du champ de mode des fibres ayant des champs de mode nominalement circulaires est suffisamment faible pour ne pas affecter la propagation ni le raccordement. Il n'est donc pas jugé utile de recommander une valeur particulière pour la non-circularité du champ de mode. Il n'est normalement pas nécessaire de mesurer la non-circularité du champ de mode lors des tests de réception.

5.4.2 Non-circularité de la gaine

La non-circularité de la gaine ne doit pas dépasser la valeur spécifiée dans le § 7.

5.5 Longueur d'onde de coupure

On distingue trois longueurs d'onde de coupure utiles:

- a) la longueur d'onde de coupure de câble, λ_{cc} ;
- b) la longueur d'onde de coupure de fibre, λ_c ;
- c) la longueur d'onde de coupure de jarretière, λ_{cj} .

La corrélation des valeurs mesurées de λ_c , λ_{cc} et λ_{cj} dépend de la fibre considérée, du type de câble et des conditions de mesure. Alors qu'en général, $\lambda_{cc} < \lambda_{cj} < \lambda_c$, une relation quantitative générale ne peut pas être facilement établie. L'importance d'assurer une transmission monomode sur la longueur de câble minimale entre les interconnexions à la longueur d'onde minimale de fonctionnement est considérable. On peut traiter la question en recommandant que la valeur maximale λ_{cc} de la longueur d'onde de coupure d'une fibre monomode câblée soit de 1260 nm, pour des jarretières usuelles en recommandant une longueur d'onde maximale de coupure du câble de jarretière de 1250 nm, ou pour une longueur et des courbures correspondant au cas le plus défavorable en recommandant une longueur d'onde maximale de coupure de fibre de 1250 nm.

La longueur d'onde de coupure du câble, λ_{cc} , doit être inférieure au maximum spécifié dans le § 7.

5.6 Perte par macrocourbure

La perte par macrocourbure varie avec la longueur d'onde, le rayon de courbure et le nombre de tours autour d'un mandrin d'un rayon spécifié. La perte par macrocourbure ne doit pas dépasser le maximum indiqué dans le § 7 pour la ou les longueurs d'onde et le rayon de courbure spécifiés ainsi que pour le nombre de tours spécifié.

Dans la pratique, la fibre présente un faible rayon uniquement sur des longueurs relativement courtes. Etant donné que le choix type du rayon de courbure et de la longueur de la fibre courbée peut varier en fonction de la conception du système de gestion des fibres et de la méthode d'installation, une spécification relative à un seul rayon de courbure n'est plus suffisante. Même si les résultats de modélisation obtenus sur divers types de fibres ont été publiés, on ne dispose d'aucun modèle général applicable aux pertes de courbure qui permette de décrire le comportement de perte en fonction du rayon de courbure. Pour cette raison, la perte par macrocourbure maximale recommandée est spécifiée pour différents rayons de courbure dans les tableaux du § 7.

Etant donné que les pertes par courbure optique augmentent avec les longueurs d'onde, une spécification de perte à la longueur d'onde prévue la plus élevée, c'est-à-dire soit à 1550 nm, soit à 1625 nm, suffit. Si nécessaire, un client et un fournisseur peuvent se mettre d'accord sur une spécification de longueur d'onde plus faible ou plus élevée.

NOTE 1 – Un test d'homologation peut être suffisant pour vérifier que cette condition est satisfaite.

NOTE 2 – Au cas où l'on déciderait d'effectuer l'essai avec un nombre de tours différent du nombre de tours recommandé, on part du principe que la perte maximale qui se produit dans ce scénario est proportionnelle au nombre de tours spécifié.

NOTE 3 – Dans le cas où des tests de routine sont requis pour faciliter la mesure et la précision, on peut utiliser des diamètres de boucle différents au lieu de procéder au test recommandé. Dans ce cas, il convient de choisir le diamètre de la boucle, le nombre de tours et la valeur maximale admissible d'affaiblissement dû à la courbure de manière que les résultats soient corrélés avec le test recommandé et la perte admissible.

NOTE 4 – En règle générale, la perte par macrocourbure dépend du choix des valeurs d'autres attributs de fibre que le diamètre du champ de mode, le coefficient de dispersion chromatique et la longueur d'onde de coupure de la fibre. L'optimisation en fonction des pertes par macrocourbure suppose généralement un compromis entre les valeurs de ces attributs de fibre.

NOTE 5 – On peut utiliser une méthode d'enroulement du mandrin (méthode A), qui est décrite dans la norme CEI 60793-1-47, comme méthode de mesure de la perte par macrocourbure en remplaçant les valeurs correspondant au rayon de courbure et au nombre de tours, spécifiées dans les Tableaux 7-1 et 7-2, par les valeurs concernées.

5.7 Propriétés des matériaux des fibres

5.7.1 Matériaux composant les fibres

On indique les matériaux composant les fibres.

NOTE – Des précautions sont à prendre lorsque l'on raccorde par fusion des fibres faites de matériaux différents. Les premiers résultats indiquent que le raccordement de fibres différentes de silice de haute qualité permet d'obtenir des valeurs satisfaisantes en matière de perte et de solidité des épissures.

5.7.2 Matériaux protecteurs

Les propriétés physiques et chimiques des matériaux utilisés pour la couche primaire de la fibre et la meilleure technique à employer pour retirer cette couche le cas échéant, doivent être indiquées. Dans le cas de fibres à enveloppe unique, des indications analogues doivent être fournies.

5.7.3 Seuil de déformation permanente

La limite d'allongement spécifiée σ_p ne doit pas être inférieure au minimum spécifié dans le § 7.

NOTE 1 – Les définitions des paramètres mécaniques figurent aux § 3.2 et 5.6 de [UIT-T G.650.1].

NOTE 2 – Se reporter également à l'Appendice I informatif sur cette question.

5.8 Profil de l'indice de réfraction

Il n'est généralement pas nécessaire de connaître le profil de l'indice de réfraction.

5.9 Uniformité longitudinale de la dispersion chromatique

Cet attribut est généralement moins pertinent pour les applications utilisées dans le réseau d'accès. Pour de plus amples informations, se reporter à [UIT-T G.652].

5.10 Coefficient de dispersion chromatique applicable aux fibres de catégorie A

Le temps de propagation de groupe ou le coefficient de dispersion chromatique mesurés en fonction de la longueur d'onde pourront être donnés approximativement par l'équation de Sellmeier à trois termes définie dans l'Annexe A de [UIT-T G.650.1]. (Voir le § 5.5 de [UIT-T G.650.1] pour avoir des indications sur l'interpolation des valeurs de dispersion aux longueurs d'onde non mesurées.)

L'équation de Sellmeier peut être utilisée pour ajuster les données de chaque plage (1310 nm et 1550 nm) séparément en deux ajustements ou en un seul ajustement commun aux données des deux plages.

L'ajustement de Sellmeier dans la région 1310 nm peut ne pas être suffisamment précis lorsqu'il est appliqué par extrapolation à la région 1550 nm. Etant donné que la dispersion chromatique dans cette dernière région est élevée, la perte de précision peut être admissible; si tel n'est pas le cas, on

peut améliorer la précision en incorporant des données de la région 1550 nm lorsqu'on procède à l'ajustement commun, ou en utilisant un ajustement séparé pour la région 1550 nm. Il convient de noter qu'un ajustement commun peut réduire la précision dans la région 1310 nm.

Le coefficient de dispersion chromatique, D , est spécifié en imposant des limites aux paramètres d'une courbe de dispersion chromatique qui est une fonction de la longueur d'onde dans la région 1310 nm. La limite du coefficient de dispersion chromatique pour n'importe quelle longueur d'onde, λ , est calculée à l'aide de la longueur d'onde minimale de dispersion nulle, $\lambda_{0\min}$, de la longueur d'onde maximale de dispersion nulle, $\lambda_{0\max}$ et du coefficient maximal de pente à la dispersion nulle, $S_{0\max}$, conformément à :

$$\frac{\lambda S_{0\max}}{4} \left[1 - \left(\frac{\lambda_{0\max}}{\lambda} \right)^4 \right] \leq D(\lambda) \leq \frac{\lambda S_{0\max}}{4} \left[1 - \left(\frac{\lambda_{0\min}}{\lambda} \right)^4 \right]$$

Les valeurs de $\lambda_{0\min}$, de $\lambda_{0\max}$ et de $S_{0\max}$ doivent se situer dans les limites indiquées dans les tableaux du § 7.

NOTE 1 – Il n'est pas nécessaire de mesurer systématiquement le coefficient de dispersion chromatique des fibres monomodes.

NOTE 2 – La dispersion chromatique pour les fibres de catégorie B n'est généralement pas déterminante pour l'application de cette catégorie de fibres; par conséquent, sa valeur n'est pas incluse dans les attributs énumérés dans le Tableau 7-2 relatif à la catégorie B.

6 Attributs des câbles

Les caractéristiques géométriques et optiques des fibres indiquées dans le § 5 n'étant que peu affectées par le processus de câblage, on trouvera dans le présent paragraphe des recommandations portant essentiellement sur les caractéristiques de transmission des tronçons de câbles à la longueur de livraison.

Les conditions ambiantes et les conditions de mesure, très importantes, sont décrites dans les directives sur les méthodes de mesure.

6.1 Coefficient d'atténuation

Le coefficient d'atténuation est spécifié avec une valeur maximale à une ou plusieurs longueurs d'onde dans les régions de 1310 nm et de 1550 nm. Les valeurs de coefficient d'atténuation des câbles à fibre optique ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées dans le § 7.

NOTE – Le coefficient d'atténuation peut être calculé pour un spectre de longueurs d'onde, sur la base de mesures effectuées à quelques (3 ou 4) longueurs d'ondes prédictives. Cette procédure est décrite au § 5.4.4 de [UIT-T G.650.1] et un exemple est donné à l'Appendice III de [UIT-T G.650.1].

6.2 Coefficient de dispersion modale de polarisation pour les fibres de catégorie A

S'il y a lieu, la dispersion modale de polarisation de fibre câblée doit être spécifiée sur une base statistique et non sur une base de fibre individuelle. Les prescriptions ne s'appliquent qu'à l'aspect de la liaison calculée à partir d'informations sur le câble. La métrique de la spécification statistique est fournie ci-après. Des méthodes de calcul sont données dans la norme CEI/TR 61282-3, et sont récapitulées dans l'Appendice IV de [UIT-T G.650.2].

Le constructeur doit fournir une valeur de conception de la liaison PMD, PMD_Q , qui sert de borne statistique supérieure pour le coefficient de dispersion modale de polarisation relatif aux câbles à fibres optiques concaténés dans une éventuelle liaison définie entre M longueurs de câbles. La borne supérieure est définie en termes de niveau de faible probabilité, Q , qui représente la probabilité qu'une valeur de coefficient de dispersion modale de polarisation concaténé dépasse

PMD_Q . Pour les valeurs de M et de Q indiquées dans le § 7, la valeur de PMD_Q ne doit pas dépasser le coefficient de dispersion modale de polarisation maximal qui y est spécifié.

En dépit de leur utilité, les mesures et les spécifications pour fibre non câblée sont insuffisantes aux fins de la spécification d'une fibre câblée. La valeur maximale de conception de la liaison spécifiée pour une fibre non câblée doit être inférieure ou égale à la valeur correspondante spécifiée pour la fibre câblée. Le rapport entre les valeurs PMD d'une fibre non câblée et celles d'une fibre câblée est fonction des caractéristiques de construction et de traitement, ainsi que des conditions de couplage modal de la fibre non câblée. La [UIT-T G.650.2] préconise le recours à un couplage modal faible nécessitant une faible tension d'enroulement sur un touret de grand diamètre pour les mesures PMD sur fibre non câblée.

On peut interpréter les limites imposées à la distribution des valeurs des coefficients de dispersion modale de polarisation comme étant presque équivalentes à celles de l'écart statistique du temps de propagation de groupe différentiel (DGD, *differential group delay*), qui varie aléatoirement en fonction du temps et de la longueur d'onde. Lorsque la distribution des coefficients de dispersion modale de polarisation est spécifiée pour les câbles à fibres optiques, on peut fixer des limites équivalentes sur la variation du temps de propagation de groupe différentiel. La métrique et les valeurs des limites de la distribution du temps de propagation de groupe différentiel pour les liaisons sont fournies dans l'Appendice I de [UIT-T G.652].

NOTE 1 – La valeur de PMD_Q ne doit être spécifiée qu'en cas d'utilisation de câbles pour des systèmes pour lesquels le temps de propagation de groupe différentiel (DGD) maximal est spécifié. Autrement dit, par exemple, il n'y aura pas lieu de spécifier le paramètre PMD_Q en cas d'utilisation des systèmes préconisés dans la Rec. UIT-T G.957.

NOTE 2 – La valeur de PMD_Q doit être calculée pour divers types de câbles, et ce, en principe, au moyen de valeurs PMD échantillonnées, le prélèvement des échantillons étant opéré sur des câbles de construction semblable.

NOTE 3 – Il n'y a pas lieu de spécifier la valeur de PMD_Q pour des câbles courts tels que des câbles de raccordement (jarretières), des câbles d'intérieur et des câbles de dérivation.

NOTE 4 – Le coefficient de dispersion modale de polarisation pour les fibres de catégorie B n'est généralement pas déterminant pour l'application de cette catégorie de fibres; sa valeur n'est par conséquent pas incluse dans les attributs énumérés dans le Tableau 7-2 relatif à la catégorie B.

7 Tableaux des valeurs recommandées

Les tableaux qui suivent récapitulent les valeurs recommandées pour les catégories de fibres qui satisfont aux objectifs de la présente Recommandation.

Le Tableau 7-1 relatif aux attributs de la catégorie A contient les attributs et les valeurs recommandés qui sont nécessaires à la prise en charge de l'installation optimisée du réseau d'accès compte tenu de la perte par macrocourbure; les valeurs recommandées pour les autres attributs restent dans la plage recommandée dans la Rec. UIT-T G.652.D.

Le Tableau 7-2 relatif aux attributs de catégorie B contient les attributs et les valeurs recommandés nécessaires à la prise en charge d'une installation optimisée du réseau d'accès en utilisant de très petits rayons de courbure dans les systèmes de gestion des fibres, en particulier pour une installation en intérieur et en extérieur. En ce qui concerne le diamètre du champ de mode et les coefficients de dispersion chromatique, la gamme recommandée de valeurs pourrait se trouver en dehors de la gamme de valeurs recommandée dans [UIT-T G.652].

Tableau 7-1 – Attributs de catégorie A G.657

Attributs des fibres			
Attribut	Détail	Valeur	
Diamètre du champ de mode	Longueur d'onde	1310 nm	
	Plage des valeurs nominales	8,6-9,5 µm	
	Tolérance	±0,4 µm	
Diamètre de gaine	Nominal	125,0 µm	
	Tolérance	±0,7 µm	
Erreur de concentricité du coeur	Maximum	0,5 µm	
Non-circularité de gaine	Maximum	1,0%	
Longueur d'onde de coupure du câble	Maximum	1260 nm	
Perte par macrocourbure (Notes 1 et 2)	Rayon (mm)	15	10
	Nombre de tours	10	1
	Maximum à 1550 nm (dB)	0,25	0,75
	Maximum à 1625 nm (dB)	1,0	1,5
Tension limite d'allongement	Minimum	0,69 GPa	
Coefficient de dispersion chromatique	λ_{0min}	1300 nm	
	λ_{0max}	1324 nm	
	S_{0max}	0,092 ps/nm ² × km	
Attributs des câbles			
Coefficient d'atténuation	Maximum entre 1310 nm et 1625 nm (Note 3)	0,4 dB/km	
	Maximum à 1383 nm ±3 nm	(Note 4)	
	Maximum à 1550 nm	0,3 dB/km	
Coefficient de dispersion modale de polarisation	M	20 câbles	
	Q	0,01%	
	Maximum PMD _Q	0,20 ps/√km	
<p>NOTE 1 – Les fibres G.652 présentant un rayon de 15 mm peuvent généralement avoir des pertes par macrocourbure de plusieurs dB pour 10 tours à une longueur d'onde de 1625 nm.</p> <p>NOTE 2 – On peut évaluer la perte par macrocourbure au moyen d'une méthode d'enroulement de mandrin (Méthode A de [CEI 60793-1-47]), en remplaçant les valeurs du rayon de courbure et du nombre de tours spécifiées dans ce tableau par les valeurs concernées.</p> <p>NOTE 3 – Cette région de longueurs d'onde peut être étendue à 1260 nm moyennant l'adjonction d'une perte de diffusion de Rayleigh induite de 0,07 dB/km à la valeur d'atténuation à 1310 nm. Dans ce cas, la longueur d'onde de coupure du câble ne doit pas dépasser 1250 nm.</p> <p>NOTE 4 – La moyenne d'atténuation échantillonnée à cette longueur d'onde doit être inférieure ou égale à la valeur maximale spécifiée pour la plage de 1310 nm à 1625 nm après vieillissement à l'hydrogène conformément à [b-CEI 60793-2-50] relative à la catégorie de fibre B1.3.</p>			

Tableau 7-2 – Attributs de catégorie B G.657

Attributs des fibres				
Attribut	Détail	Valeur		
Diamètre du champ de mode	Longueur d'onde	1310 nm		
	Plage des valeurs nominales	6,3-9,5 µm		
	Tolérance	±0,4 µm		
Diamètre de gaine	Nominal	125,0 µm		
	Tolérance	±0,7 µm		
Erreur de concentricité du coeur	Maximum	0,5 µm		
Non-circularité de gaine	Maximum	1,0%		
Longueur d'onde de coupure du câble	Maximum	1260 nm		
Perte par macrocourbure (Note 1)	Rayon	15	10	7,5
	Nombre de tours	10	1	1
	Maximum à 1550 nm (dB)	0,03	0,1	0,5
	Maximum à 1625 nm (dB)	0,1	0,2	1,0
Tension limite d'allongement	Minimum	0,69 GPa		
Coefficient de dispersion chromatique (Note 2)		TBD		
Attributs des câbles				
Coefficient d'atténuation	Maximum à 1310 nm	0,5 dB/km		
	Maximum à 1550 nm	0,3 dB/km		
	Maximum à 1625 nm	0,4 dB/km		
Coefficient de dispersion modale de polarisation (Note 3)		A déterminer		
<p>NOTE 1 – On peut évaluer la perte par macrocourbure au moyen d'une méthode d'enroulement de mandrin (Méthode A de [CEI 60793-1-47]), en remplaçant les valeurs du rayon de courbure et du nombre de tours spécifiées dans ce tableau par les valeurs concernées.</p> <p>NOTE 2 – Les coefficients de dispersion chromatique ne sont pas essentiels, car la fibre de catégorie B assure une partie de l'installation optimisée du réseau d'accès grâce à de très petits rayons de courbure. La longueur d'onde minimale et maximale de dispersion nulle peut être considérée comme étant respectivement de $\lambda_{0min} = 1300$ nm et $\lambda_{0max} = 1420$ nm, la pente de dispersion maximale étant $S_{0max} = 0,10$ ps/nm²·km.</p> <p>NOTE 3 – Les coefficients de dispersion modale de polarisation ne sont pas essentiels, car la fibre de catégorie B assure une partie de l'installation optimisée du réseau d'accès grâce à de très petits rayons de courbure.</p>				

Pour illustrer les différentes spécifications relatives aux macrocourbures des diverses catégories de fibres définies dans le présent paragraphe, les valeurs recommandées ont été représentées dans la Figure 7-1.

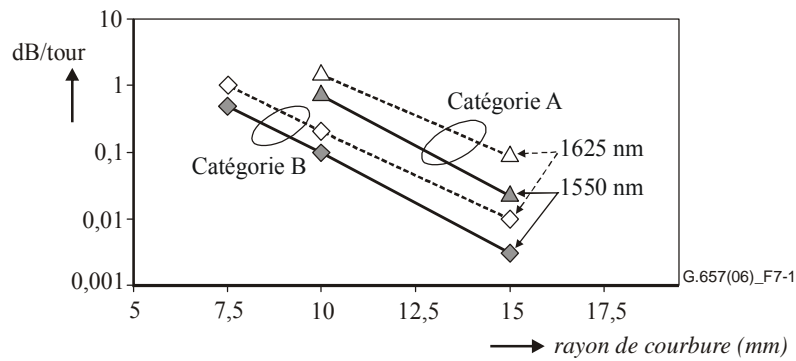


Figure 7-1 – Valeurs des pertes par macrocourbure des Tableaux 7-1 et 7-2, catégories A et B

Appendice I

Estimation de la durée de vie des fibres monomodes présentant un petit rayon de courbure lors de leur installation

(Le présent appendice ne fait pas partie intégrante de la présente Recommandation)

I.1 Introduction

L'installation des fibres optiques avec un petit rayon de courbure dans des systèmes de gestion de fibres et dans des gaines peut avoir des incidences négatives sur la durée de vie prévue des fibres. Les paramètres importants qui déterminent la durée de vie prévue sont, d'une part, le seuil de déformation permanente appliqué au moment de la fabrication de la fibre et, d'autre part, la résistance inhérente à la fibre. Les valeurs requises de ces paramètres doivent être contrebalancées par le taux de défaillance accepté dans le réseau. Lorsqu'on évalue le résultat de cette opération, la principale question est de savoir si les fibres monomodes telles que spécifiées dans la présente Recommandation remplissent les conditions nécessaires pour que leur durée de vie estimée soit suffisamment longue. On trouvera dans le présent appendice des informations générales sur cette question.

I.2 Structure du réseau et taux de défaillance du réseau

Pour calculer la durée de vie d'une fibre, on considère un réseau simple composé d'un câble de distribution de 1000 fibres et présentant une arborescence telle qu'indiquée dans la Figure I.1. Selon les procédures d'installation et de connexion de l'abonné, appliquées par l'opérateur, les fibres individuelles ou les groupes de fibres sont rangés dans des cassettes situées au niveau du câble de distribution principal ou au niveau des branches. Pour plus de commodité et en considérant le cas le plus défavorable, on part du principe que les 1000 fibres traversent cinq armoires ou boîtiers. Une cassette de rangement se trouve au niveau de chaque liaison de fibre et dans chaque armoire ou boîtier.

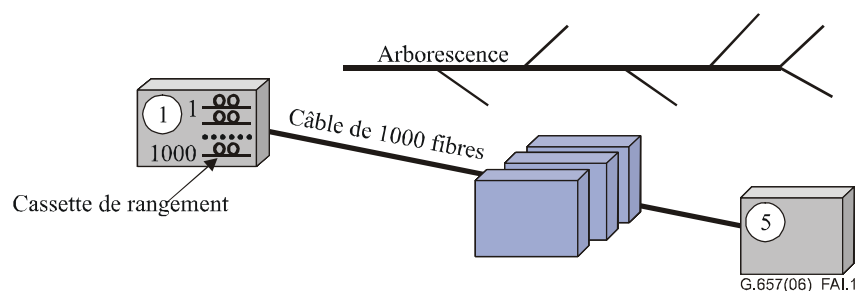


Figure I.1 – Structure de réseau simplifiée

Dans cette structure de réseau particulière, un taux de défaillance *par cassette et par fibre de 0,001% pendant 20 ans* donne une probabilité de 5% qu'au cours des 20 ans une panne se produise spontanément dans l'ensemble du réseau. Cette probabilité doit être comparée avec la probabilité que d'autres défaillances se produisent dans le réseau de distribution au cours de la durée de vie opérationnelle de 20 ans. Il peut s'agir de défaillances dues à un redémarrage ou à une reconfiguration sur la liaison ou à un endommagement du câble ou d'une armoire. Dans la plupart des réseaux d'accès, on peut supposer que la probabilité de défaillance due à une rupture spontanée de la fibre est beaucoup plus faible que la probabilité de défaillance due à d'autres causes. Il incombe à chaque opérateur de déterminer le taux de défaillance acceptable à partir de données statistiques plus précises sur le taux de défaillance du réseau extérieur.

I.3 Considérations relatives à la durée de vie des fibres

Outre les caractéristiques de résistance inhérentes à la fibre et l'environnement de la fibre, les principaux paramètres permettant de déterminer le taux de défaillance par cassette sont la *longueur* de la fibre mise en place et le *rayon de courbure* R de cette dernière. La longueur courte de la fibre aura une incidence positive, alors que la réduction du rayon de courbure aura une influence négative. En appliquant le modèle de durée de vie décrit dans la référence [b-CEI/TR 62048] à l'aide d'informations supplémentaires figurant dans la référence [b-OFT], sur des fibres actuellement utilisées, compte tenu d'une tension limite d'allongement normalisée et d'un comportement représentatif au cours du test d'épreuve, la longueur maximale d'une fibre installée d'une durée de vie de 20 ans en fonction de son rayon de courbure est indiquée dans la Figure I.2 pour différentes valeurs du coefficient n de résistance à la fatigue (paramètre de fatigue).

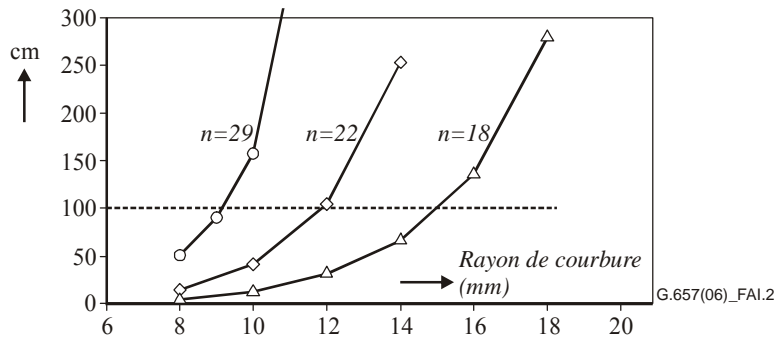


Figure I.2 – Longueur maximale d'une fibre courbée lors de son installation pour différentes valeurs du paramètre de fatigue n

A noter qu'une valeur de $n = 18$ est la valeur minimale spécifiée dans [b-CEI 60793-2-50] et dans la norme Telcordia Generic Requirements GR-20-CORE. Pour une longueur de fibre rangée par cassette de 100 cm, c'est-à-dire 2×50 cm pour une seule fibre, on peut réduire le rayon de courbure en le ramenant de 30 mm à 15 ou même à 9 mm en fonction de la valeur n garantie en respectant le taux de défaillance de 0,001% par cassette pendant 20 ans.

Lors du rangement des fibres, il convient par ailleurs de prendre en considération les ports d'entrée et de sortie du système de gestion des fibres. Le petit volume requis pour les éléments du réseau d'accès optique ne dépend pas seulement de la surface de rangement mais également du rayon de courbure minimal des ports d'entrée et de sortie, dont l'effet peut être pris en compte de plusieurs façons. Aux fins du présent appendice, on part du principe que dans chaque cassette de rangement, **quatre** courbures additionnelles de 90 degrés sont requises pour le guidage des fibres à l'intérieur et à l'extérieur des zones de rangement. On part également du principe que le taux de défaillance additionnel dû à ces courbures supplémentaires devrait être limité à moins de 10% du taux de défaillance acceptable de 0,001% par cassette. On obtient ainsi les valeurs minimales indiquées dans la colonne du milieu du Tableau I.1.

Tableau I.1 – Valeur minimale des rayons de courbure en dehors des cassettes

Valeur n	Quatre courbures de 90°	Une seule courbure de 180°
18	$R_{\min} = 15,0$ mm	$R_{\min} = 12,6$ mm
22	$R_{\min} = 11,1$ mm	$R_{\min} = 9,2$ mm
29	$R_{\min} = 8,0$ mm	$R_{\min} = 6,6$ mm

Dans la colonne de droite est indiqué le rayon minimal dans le cas d'une seule courbure de 180 degrés (erronée). Dans ce cas, on prend également pour hypothèse un taux de défaillance maximal *additionnel* par cassette de $0,1 \times 0,001\%$. Tous les chiffres se rapportent à une gestion monofibre et sont donnés pour trois valeurs différentes du paramètre de fatigue n.

I.4 Conclusions

Les exemples donnés dans le paragraphe I.3 montrent que pour effectuer une prévision fiable de la durée de vie opérationnelle, il est nécessaire de disposer d'informations relativement détaillées sur la mise en place réaliste des fibres dans un réseau de distribution réel. Cependant, même dans les hypothèses relativement défavorables, ces exemples montrent par ailleurs qu'en ramenant le rayon des fibres mises en place de la valeur de 30 mm actuellement appliquée à une valeur beaucoup plus faible, les caractéristiques de durée de vie de la fibre monomode actuellement spécifiées dans [UIT-T G.652] sont suffisantes pour garantir une durée de vie opérationnelle de 20 ans.

Bibliographie

- [b-UIT-T ANT] Access Network Transport Standards Overview, Issue 14, juin 2007, <http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/Com15/ant/>
- [b-UIT-T G.671] Recommandation UIT-T G.671 (2005), *Caractéristiques de transmission des composants et sous-systèmes optiques.*
- [b-UIT-T G-Sup.39] Recommandations UIT-T de la série G – Supplément 39 (2006), *Considérations sur la conception et l'ingénierie des systèmes optiques.*
- [b-UIT-T L.13] Recommandation UIT-T L.13 (2003), *Prescriptions de qualité de service pour les nœuds optiques passifs: manchons étanches pour environnements extérieurs.*
- [b-UIT-T L.42] Recommandation UIT-T L.42 (2003), *Extension des solutions à fibres optiques au réseau d'accès.*
- [b-UIT-T L.65] Recommandation UIT-T L.65 (2006), *Zone de distribution à fibres optiques dans les réseaux d'accès.*
- [b-UIT-T L.66] Recommandation UIT-T L.66 (2007), *Critères de maintenance des câbles à fibres optiques pour les tests de fibres en service dans les réseaux d'accès.*
- [b-CEI 60793-2-50] CEI 60793-2-50 (2004), *Fibres optiques – Partie 2-50: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres unimodales de classe B.*
- [b-CEI/TR 62048] CEI 62048 (2002), *Fibres optiques – Fiabilité – Théorie de la loi de puissance.*
- [b-OFT] Matching Optical Fibre Lifetime and Bend-loss Limits for Optimized Local Loop Fibre Storage, *Optical Fibre Technology*, Vol. 11, pp. 92-99, 2005.

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Réseaux câblés et transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	Gestion des télécommunications y compris le RGT et maintenance des réseaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux de données, communication entre systèmes ouverts et sécurité
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information, protocole Internet et réseaux de prochaine génération
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication