



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**UIT-T**

SECTEUR DE LA NORMALISATION  
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
DE L'UIT

**G.652**

(03/2003)

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

Caractéristiques des supports de transmission – Câbles à  
fibres optiques

---

**Caractéristiques des câbles et fibres  
optiques monomodes**

Recommandation UIT-T G.652

---

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
EQUIPEMENTS DE TEST	G.500–G.599
CARACTÉRISTIQUES DES SUPPORTS DE TRANSMISSION	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.649
<b>Câbles à fibres optiques</b>	<b>G.650–G.659</b>
Caractéristiques des composants et sous-systèmes optiques	G.660–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
EQUIPEMENTS TERMINAUX NUMÉRIQUES	G.7000–G.7999
RÉSEAUX NUMÉRIQUES	G.8000–G.8999

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

# Recommandation UIT-T G.652

## Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes

### Résumé

La présente Recommandation décrit les attributs géométriques, mécaniques et de transmission de câbles et fibres optiques monomodes dont la longueur d'onde de dispersion nulle se trouve au voisinage de 1310 nm. Optimisées au départ pour la région des 1310 nm, ces fibres peuvent également être utilisées au voisinage de 1550 nm. La présente version constitue la révision la plus récente de la Rec. UIT-T G.652 dont la première version remonte à 1984. La présente révision crée de nouvelles catégories de fibres dont la valeur nominale de dispersion modale de polarisation (PMD, *polarization mode dispersion*) sur la liaison a été ramenée à  $0,20 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ , pour permettre la prise en charge de systèmes présentant des produits débit binaire/distance plus élevés que ne l'autorisaient les révisions précédentes. La présente révision a pour but d'assurer le succès commercial durable de ces fibres dans l'univers en constante évolution des systèmes optiques de transmission des plus performants.

### Source

La Recommandation G.652 de l'UIT-T, révisée par la Commission d'études 15 (2001-2004) de l'UIT-T, a été approuvée le 16 mars 2003 selon la procédure définie dans la Résolution 1 de l'AMNT.

### Historique

Version	Date d'approbation	Remarques
Version 1	(10/1984)	
Version 2	(11/1988)	
Version 3	(03/1993)	
Version 4	(04/1997)	
Version 5	(10/2000)	Cette version incorpore les tableaux qui ont été ajoutés pour les différents niveaux de prise en charge des systèmes
Version 6	(03/2003)	Cette version a permis de préciser la nomenclature des différentes catégories ou fibres. En outre, conformément à l'accord sur la description des bandes spectrales, la limite supérieure de la bande L est passée de 16XX à 1625 nm. Les caractéristiques d'atténuation pour les catégories où on observe une réduction de la crête d'eau (G.652.C et G.652.D) sont élargies à partir d'une longueur d'onde unique à une plage étendue de longueurs d'onde. Les valeurs PMD requises sont ajoutées pour toutes les catégories et deux catégories ont des limites réduites (par rapport à la valeur de $0,5 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ ). Pour le test de perte par macrocourbure, le rayon du mandrin est ramené à 30 mm. Comme on peut le constater, cette Recommandation a considérablement évolué au cours des années, le lecteur est donc invité à prendre dûment en considération le numéro de version pour déterminer les caractéristiques de produits déjà déployés en tenant compte de l'année de production. De fait, les produits sont censés être conformes avec la version de Recommandation qui était en vigueur au moment de leur fabrication, mais peuvent ne pas respecter entièrement les dispositions des versions ultérieures.

## 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.

## 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 avait 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 responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 2003

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

		<b>Page</b>
1	Domaine d'application .....	1
2	Références.....	1
	2.1 Références normatives.....	1
	2.2 Références informatives .....	2
3	Termes et définitions .....	2
4	Abréviations.....	2
5	Attributs des fibres.....	3
	5.1 Diamètre du champ de mode.....	3
	5.2 Diamètre de gaine.....	3
	5.3 Erreur de concentricité du cœur .....	3
	5.4 Non-circularité.....	3
	5.5 Longueur d'onde de coupure .....	3
	5.6 Perte par macrocourbure.....	4
	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.....	5
6	Attributs de câble.....	5
	6.1 Coefficient d'atténuation.....	5
	6.2 Coefficient de dispersion modale de polarisation .....	5
7	Tableaux des valeurs recommandées.....	6
Appendice I – Informations pour les attributs de liaison et la conception de systèmes .....		11
	I.1 Affaiblissement.....	11
	I.2 Dispersion chromatique.....	11
	I.3 Temps de propagation de groupe différentiel (DGD) .....	12
	I.4 Coefficient de non-linéarité.....	12
	I.5 Tableaux des valeurs types usuelles .....	12
Appendice II – Bibliographie.....		13



# Recommandation UIT-T G.652

## Caractéristiques des câbles et fibres optiques monomodes

### 1 Domaine d'application

La présente Recommandation traite des câbles à fibres optiques monomodes dont la longueur d'onde de dispersion nulle se trouve au voisinage de 1310 nm, qui sont optimisés pour la région des 1310 nm et qui peuvent également être utilisés au voisinage de 1550 nm (longueur d'onde pour laquelle ces fibres ne sont pas optimisées). Ces fibres peuvent être utilisées pour la transmission analogique et pour la transmission numérique.

Les paramètres géométriques, optiques, mécaniques et de transmission sont répartis ci-après selon trois catégories d'attributs:

- les attributs de fibre qui sont ceux conservés tout le long du câblage et de l'installation;
- les attributs de câble qui sont recommandés pour les câbles tels qu'ils sont livrés;
- les attributs de liaison qui sont caractéristiques des câbles concaténés, décrivant une méthode d'estimation des paramètres d'interface du système qui s'appuie sur des mesures, sur une modélisation ou sur d'autres considérations. L'Appendice I fournit des informations pour les attributs de liaison et la conception de systèmes.

La présente Recommandation et les différentes catégories de performance énoncées dans les tableaux du paragraphe 7 sont destinées à la prise en charge des systèmes correspondants définis dans les Recommandations suivantes:

- G.957;
- G.691;
- G.692;
- G.693;
- G.959.1.

NOTE – En fonction de la longueur des liaisons, une accommodation de la dispersion peut être nécessaire pour certains codes d'application indiqués dans les Recommandations UIT-T G.691, G.692 ou G.959.1.

Le sens des termes utilisés dans la présente Recommandation et les lignes directrices qu'il convient de suivre pour les mesures ayant pour but de vérifier les diverses caractéristiques font l'objet des Recs. UIT-T G.650.1 et G.650.2. Les caractéristiques de cette fibre, y compris la définition des paramètres qui s'appliquent, leurs méthodes de test et leurs valeurs appropriées, seront précisées à mesure que les études et l'expérience progressent.

### 2 Références

#### 2.1 Références normatives

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.

- Recommandation UIT-T G.650.1 (2002), *Définitions et méthodes de test applicables aux attributs linéaires déterministes des fibres et câbles optiques monomodes*, plus Amendement 1 (2003).
- Recommandation UIT-T G.650.2 (2002), *Définitions et méthodes de test applicables aux attributs se rapportant aux caractéristiques statistiques et non linéaires des fibres et câbles optiques monomodes*, plus Amendement 1 (2003).
- CEI 60793-2-50:2002, *Fibres optiques – Partie 2-50: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres unimodales de classe B*.

## 2.2 Références informatives

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T suivantes qui, de ce fait, constituent d'autres informations pertinentes.

- Recommandation UIT-T G.663 (2000), *Aspects relatifs aux applications des sous-systèmes et dispositifs amplificateurs optiques*.
- Recommandation UIT-T G.691 (2000), *Interfaces optiques pour les systèmes STM-64, STM-256 et autres systèmes SDH monocanaux à amplificateurs optiques*.
- Recommandation UIT-T G.692 (1998), *Interfaces optiques pour les systèmes multicanaux avec amplificateurs optiques*.
- Recommandation UIT-T G.693 (2001), *Interfaces optiques pour les connexions locales*.
- Recommandation UIT-T G.957 (1999), *Interfaces optiques pour les équipements et les systèmes relatifs à la hiérarchie numérique synchrone*.
- Recommandation UIT-T G.959.1 (2001), *Interfaces de couche Physique du réseau optique de transport*.

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Recommandation, les définitions données dans les Recommandations UIT-T G.650.1 et G.650.2 sont applicables. Les valeurs doivent être arrondies au nombre de chiffres indiqué dans les tableaux des valeurs recommandées, avant d'évaluer la conformité.

## 4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

$A_{\text{eff}}$	surface efficace ( <i>effective area</i> )
DGD	temps de propagation de groupe différentiel ( <i>differential group delay</i> )
DWDM	multiplexage dense par répartition en longueur d'onde ( <i>dense wavelength division multiplexing</i> )
GPa	GigaPascal
PMD	dispersion modale de polarisation ( <i>polarization mode dispersion</i> )
PMD <sub>Q</sub>	paramètre statistique de la dispersion modale de polarisation (PMD) sur la liaison ( <i>statistical parameter for link PMD</i> )
SDH	hiérarchie numérique synchrone ( <i>synchronous digital hierarchy</i> )
TBD	à déterminer ( <i>to be determined</i> )
WDM	multiplexage par répartition en longueur d'onde ( <i>wavelength division multiplexing</i> )

## **5 Attributs des fibres**

Seules sont recommandées dans le présent paragraphe les caractéristiques qui constituent un cadre minimal essentiel de conception en vue de la fabrication des fibres. Les tableaux du paragraphe 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). 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 paragraphe 7. La tolérance spécifiée ne doit pas dépasser la valeur indiquée dans le paragraphe 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  $\mu\text{m}$ . Une tolérance est également spécifiée et elle ne doit pas dépasser la valeur indiquée dans le paragraphe 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 paragraphe 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 nominale ment 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 paragraphe 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,  $\lambda_{cc}$ ;
- b) la longueur d'onde de coupure de fibre,  $\lambda_c$ ;
- c) la longueur d'onde de coupure de jarretière,  $\lambda_{cj}$ .

NOTE – Pour certaines applications spécifiques de câbles sous-marins, d'autres valeurs de longueur d'onde de coupure peuvent être nécessaires.

La corrélation des valeurs mesurées de  $\lambda_c$ ,  $\lambda_{cc}$  et  $\lambda_{cj}$  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  $\lambda_{cc}$  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,  $\lambda_{cc}$ , doit être inférieure au maximum spécifié dans le paragraphe 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 paragraphe 7 pour la ou les longueurs d'onde et le rayon de courbure spécifiés ainsi que pour le nombre de tours spécifié.

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

NOTE 2 – Le nombre de tours recommandé correspond au nombre approximatif de spires enroulées dans l'ensemble des coffrets d'épissurage d'une portée de répéteur. Le rayon recommandé est équivalent au rayon de courbure minimal généralement admis dans la pratique pour l'installation à long terme de fibres dans les réseaux réels, afin d'éviter les pannes dues aux contraintes de fatigue statique.

NOTE 3 – Si, pour des raisons pratiques, on décide d'effectuer l'essai avec moins de tours que le nombre de tours recommandé, il est conseillé de ne pas descendre en dessous de 40 tours et d'utiliser une valeur d'affaiblissement plus faible, proportionnelle au nombre de spires.

NOTE 4 – La recommandation relative aux pertes par macrocourbure concerne l'installation de fibres dans des réseaux réels à fibres monomodes. L'influence sur les caractéristiques d'affaiblissement du rayon de courbure résultant du retordage des fibres monomodes câblées est comprise dans les spécifications d'affaiblissement des fibres câblées.

NOTE 5 – Pour des tests de routine, pour faciliter la mesure et la précision, on peut utiliser une boucle de faible diamètre à une ou plusieurs spires au lieu de procéder au test recommandé. Dans ce cas, il convient de choisir le diamètre de la boucle, le nombre de spires et la valeur maximale admissible d'affaiblissement dû à la courbure de manière à ce que les résultats soient corrélés avec le test recommandé et la perte admissible.

## **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  $\sigma_p$  ne doit pas être inférieure au minimum spécifié dans le paragraphe 7.

NOTE – Les définitions des paramètres mécaniques figurent aux § 3.2/G.650.1 et 5.6/G.650.1.

## **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**

A l'étude.

NOTE – A une longueur d'onde donnée, la valeur absolue locale du coefficient de dispersion chromatique peut s'éloigner de la valeur mesurée sur une longueur importante. Si cette valeur décroît de façon importante pour atteindre une valeur faible à une longueur d'onde proche d'une longueur d'onde de fonctionnement dans un système de multiplexage par répartition en longueur d'onde (WDM), le mélange de quatre ondes peut entraîner la propagation de la puissance sur d'autres longueurs d'onde, y compris sur d'autres longueurs d'onde de fonctionnement. L'amplitude de la puissance de mélange de quatre ondes est une fonction de la valeur absolue du coefficient de dispersion chromatique, de la pente de dispersion chromatique, des longueurs d'onde de fonctionnement, de la puissance optique et de la distance sur laquelle se produit le mélange de quatre ondes.

Pour les opérations de multiplexage dense par répartition en longueur d'onde (DWDM) dans la région de 1550 nm, la dispersion chromatique des fibres UIT-T G.652 est suffisamment importante pour éviter le mélange de quatre ondes. L'uniformité de la dispersion chromatique ne constitue donc pas un problème fonctionnel.

### 5.10 Coefficient de dispersion chromatique

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,  $\lambda$ , 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 plages spécifiées dans le paragraphe 7. Avec ces valeurs, on peut utiliser l'équation précédente pour déterminer les limites supérieures du coefficient de dispersion chromatique dans la région de 1550 nm.

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

## 6 Attributs de câble

Les caractéristiques géométriques et optiques des fibres indiquées dans le paragraphe 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 pièces 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 paragraphe 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/G.650.1 et un exemple est donné à l'Appendice III/G.650.1.

### 6.2 Coefficient de dispersion modale de polarisation

Les tableaux ne comprennent pas tous des prescriptions relatives à la dispersion modale de polarisation (PMD). 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 Publication 61282-3 de la CEI, et sont récapitulées dans l'Appendice IV/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 des sections de câbles M. 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 paragraphe 7, la valeur de  $PMD_Q$  ne doit pas dépasser le coefficient de dispersion modale de polarisation maximal qui y est spécifié.

Des mesures portant sur une fibre non câblée peuvent servir à produire des statistiques pour les fibres câblées lorsque la conception et les procédés sont stables et qu'il existe des relations connues entre les coefficients de dispersion modale de polarisation des fibres non câblées et ceux des fibres câblées. Si la preuve d'une telle relation a été apportée, l'exploitant de câbles peut facultativement spécifier une valeur maximale de dispersion modale de polarisation portant sur les fibres non câblées.

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.

NOTE 1 – La valeur de  $PMD_Q$  ne doit pas 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.

## 7 Tableaux des valeurs recommandées

Les tableaux suivants récapitulent les valeurs recommandées pour un certain nombre de catégories de fibres qui satisfont aux objectifs de la présente Recommandation. Ces catégories sont établies essentiellement en fonction des valeurs PMD requises et de la valeur d'atténuation requise à 1383 nm. Voir l'Appendice I pour plus de précisions sur les distances et les débits binaires de transmission par rapport aux valeurs PMD requises.

Le Tableau 1, Attributs de G.652.A, contient les attributs et valeurs recommandés qui sont nécessaires à la prise en charge d'applications telles que celles qui sont indiquées dans les Recommandations UIT-T G.957 et G.691, jusqu'au module STM-16 ainsi que de 10 Gbit/s à 40 km (Ethernet) et pour le module STM-256/G.693.

Le Tableau 2, Attributs de G.652.B, contient les attributs et valeurs recommandés qui sont nécessaires à la prise en charge d'applications à débit binaire supérieur, jusqu'au module STM-64, telles que certaines applications indiquées dans les Recommandations UIT-T G.691 et G.692 et jusqu'au module STM-256 pour certaines applications indiquées dans les Recommandations

UIT-T G.693 et G.959.1. En fonction de l'application, une accommodation de la dispersion chromatique peut être nécessaire.

Le Tableau 3, Attributs de G.652.C, est identique au Tableau G.652.A, à ceci près qu'il permet les transmissions dans des portions de la plage de longueurs d'onde étendue comprise entre 1360 nm et 1530 nm.

Le Tableau 4, Attributs de G.652.D, est identique au Tableau G.652.B, à ceci près qu'il permet les transmissions dans des portions de la plage de longueurs d'onde étendue comprise entre 1360 nm et 1530 nm.

**Tableau 1/G.652 – Attributs de G.652.A**

<b>Attributs des fibres</b>		
<b>Attribut</b>	<b>Détail</b>	<b>Valeur</b>
Diamètre du champ de mode	Longueur d'onde	1310 nm
	Plage des valeurs nominales	8,6 µm à 9,5 µm
	Tolérance	±0,7 µm
Diamètre de gaine	Nominal	125,0 µm
	Tolérance	±1 µm
Erreur de concentricité du cœur	Maximum	0,8 µm
Non-circularité de gaine	Maximum	2,0%
Longueur d'onde de coupure du câble	Maximum	1260
Perte par macrocourbure	Rayon	30 mm
	Nombre de tours	100
	Maximum à 1550 nm	0,50 dB
Limite d'allongement	Minimum	0,69 GPa
Coefficient de dispersion chromatique	$\lambda_{0min}$	1300 nm
	$\lambda_{0max}$	1324 nm
	$S_{0max}$	0,093 ps/nm <sup>2</sup> × km
Coefficient de dispersion modale de polarisation pour une fibre non câblée	Maximum	(Note)
<b>Attributs de câble</b>		
<b>Attribut</b>	<b>Détail</b>	<b>Valeur</b>
Coefficient d'atténuation	Maximum à 1310 nm	0,5 dB/km
	Maximum à 1550 nm	0,4 dB/km
Coefficient de dispersion modale de polarisation	M	20 câbles
	Q	0,01%
	Maximum PMD <sub>Q</sub>	0,5 ps/√km
NOTE – Les exploitants de câbles peuvent spécifier un coefficient de dispersion modale de polarisation maximal facultatif afin de prendre en charge la prescription primaire sur PMD <sub>Q</sub> du câble si la preuve en a été apportée pour une construction particulière de câble.		

**Tableau 2/G.652 – Attributs de G.652.B**

<b>Attributs des fibres</b>		
<b>Attribut</b>	<b>Détail</b>	<b>Valeur</b>
Diamètre du champ de mode	Longueur d'onde	1310 nm
	Plage des valeurs nominales	8,6 µm à 9,5 µm
	Tolérance	±0,7 µm
Diamètre de gaine	Nominal	125,0 µm
	Tolérance	±1 µm
Erreur de concentricité du cœur	Maximum	0,8 µm
Non-circularité de gaine	Maximum	2,0%
Longueur d'onde de coupure du câble	Maximum	1260 nm
Perte par macrocourbure	Rayon	30 mm
	Nombre de tours	100
	Maximum à 1625 nm	0,50 dB
Limite d'allongement	Minimum	0,69 GPa
Coefficient de dispersion chromatique	$\lambda_{0min}$	1300 nm
	$\lambda_{0max}$	1324 nm
	$S_{0max}$	0,093 ps/nm <sup>2</sup> × km
Coefficient de dispersion modale de polarisation pour une fibre non câblée	Maximum	(Note)
<b>Attributs de câble</b>		
<b>Attribut</b>	<b>Détail</b>	<b>Valeur</b>
Coefficient d'atténuation	Maximum à 1310 nm	0,4 dB/km
	Maximum à 1550 nm	0,35 dB/km
	Maximum à 1625 nm	0,4 dB/km
Coefficient de dispersion modale de polarisation	M	20 câbles
	Q	0,01%
	Maximum PMD <sub>Q</sub>	0,20 ps/√km
NOTE – Les exploitants de câbles peuvent spécifier un coefficient de dispersion modale de polarisation maximal facultatif afin de prendre en charge la prescription primaire sur PMD <sub>Q</sub> du câble si la preuve en a été apportée pour une construction particulière de câble.		

**Tableau 3/G.652 – Attributs de G.652.C**

<b>Attributs des fibres</b>		
<b>Attribut</b>	<b>Détail</b>	<b>Valeur</b>
Diamètre du champ de mode	Longueur d'onde	1310 nm
	Plage des valeurs nominales	8,6 µm à 9,5 µm
	Tolérance	±0,7 µm
Diamètre de gaine	Nominal	125,0 µm
	Tolérance	±1 µm
Erreur de concentricité du cœur	Maximum	0,8 µm
Non-circularité de gaine	Maximum	2,0%
Longueur d'onde de coupure du câble	Maximum	1260 nm
Perte par macrocourbure	Rayon	30 mm
	Nombre de tours	100
	Maximum à 1625 nm	0,50 dB
Limite d'allongement	Minimum	0,69 GPa
Coefficient de dispersion chromatique	$\lambda_{0min}$	1300 nm
	$\lambda_{0max}$	1324 nm
	$S_{0max}$	0,093 ps/nm <sup>2</sup> × km
Coefficient de dispersion modale de polarisation pour une fibre non câblée	Maximum	(Note 1)
<b>Attributs de câble</b>		
<b>Attribut</b>	<b>Détail</b>	<b>Value</b>
Coefficient d'atténuation	Maximum de 1310 nm à 1625 nm. (Note 2)	0,4 dB/km
	Maximum à 1383 nm ±3 nm	(Note 3)
	Maximum à 1550 nm	0,3 dB/km
Coefficient de dispersion modale de polarisation	M	20 câbles
	Q	0,01%
	Maximum PMD <sub>Q</sub>	0,5 ps/√km
<p>NOTE 1 – Les exploitants de câbles peuvent spécifier un coefficient de dispersion modale de polarisation maximal facultatif afin de prendre en charge la prescription primaire sur PMD<sub>Q</sub> du câble si la preuve en a été apportée pour une construction particulière de câble.</p> <p>NOTE 2 – Cette région de longueur 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 3 – La moyenne d'atténuation échantillonnée à cette longueur d'onde doit être inférieure ou égale à la valeur spécifiée à 1310 nm après vieillissement à l'hydrogène conformément à la Publication 60793-2-50 de la CEI relative à la catégorie de fibre B1.3.</p>		

**Tableau 4/G.652 – Attributs de G.652.D**

<b>Attributs des fibres</b>		
<b>Attribut</b>	<b>Détail</b>	<b>Valeur</b>
Diamètre du champ de mode	Longueur d'onde	1310 nm
	Plage des valeurs nominales	8,6 µm à 9,5 µm
	Tolérance	±0,7 µm
Diamètre de gaine	Nominal	125,0 µm
	Tolérance	±1 µm
Erreur de concentricité du cœur	Maximum	0,8 µm
Non-circularité de gaine	Maximum	2,0%
Longueur d'onde de coupure du câble	Maximum	1260 nm
Perte par macrocourbure	Rayon	30 mm
	Maximum à 1625 nm	0,50 dB
Limite d'allongement	Minimum	0,69 GPa
Coefficient de dispersion chromatique	$\lambda_{0min}$	1300 nm
	$\lambda_{0max}$	1324 nm
	$S_{0max}$	0,093 ps/nm <sup>2</sup> × km
Coefficient de dispersion modale de polarisation pour une fibre non câblée	Maximum	(Note 1)
<b>Attributs de câble</b>		
<b>Attribut</b>	<b>Détail</b>	<b>Value</b>
Coefficient d'atténuation	Maximum de 1310 nm à 1625 nm. (Note 2)	0,4 dB/km
	Maximum à 1383 nm ±3 nm	(Note 3)
	Maximum à 1550 nm	0,3 dB/km
Coefficient de dispersion modale de polarisation	M	20 câbles
	Q	0,01%
	Maximum PMD <sub>Q</sub>	0,20 ps/√km
<p>NOTE 1 – Les exploitants de câbles peuvent spécifier un coefficient de dispersion modale de polarisation maximal facultatif afin de prendre en charge la prescription primaire sur PMD<sub>Q</sub> du câble si la preuve en a été apportée pour une construction particulière de câble.</p> <p>NOTE 2 – Cette région de longueur 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 3 – La moyenne d'atténuation échantillonnée à cette longueur d'onde doit être inférieure ou égale à la valeur spécifiée à 1310 nm après vieillissement à l'hydrogène conformément à la Publication 60793-2-50 de la CEI relative à la catégorie de fibre B1.3.</p>		

## Appendice I

### Informations pour les attributs de liaison et la conception de systèmes

Une liaison concaténée comprend généralement un certain nombre de tronçons à longueur de livraison épissurés d'un câble à fibres optiques. Les prescriptions portant sur les tronçons à longueur de livraison sont données dans les paragraphes 5 et 6. Les caractéristiques de transmission des liaisons concaténées doivent tenir compte non seulement des caractéristiques de fonctionnement des tronçons de câble individuels mais aussi des statistiques de la concaténation.

Les caractéristiques de transmission des câbles à fibres optiques de longueur d'usine auront une certaine distribution de probabilité dont il est souvent nécessaire de tenir compte si tant est que les conceptions les plus économiques doivent être retenues. Les différents alinéas de cet appendice doivent être lus en gardant à l'esprit la nature statistique des différents paramètres.

Les valeurs d'attributs de liaison sont affectées par des facteurs autres que les câbles à fibres optiques, tels que les épissures, les connecteurs et l'installation. Ces facteurs ne peuvent pas être spécifiés dans la présente Recommandation. Pour l'estimation de valeurs d'attributs de liaison, les tableaux ci-après fournissent des valeurs types pour les liaisons à fibres optiques. Les méthodes d'estimation des paramètres de fibre nécessaires à la conception de systèmes sont fournies sur la base de mesures, de modélisations ou d'autres considérations.

#### I.1 Affaiblissement

L'affaiblissement  $A$  d'une liaison est donné par:

$$A = \alpha L + \alpha_s x + \alpha_c y$$

où:

- $\alpha$  coefficient d'atténuation type des câbles à fibres optique dans une liaison
- $\alpha_s$  perte moyenne d'épissure
- $x$  nombre d'épissures dans une liaison
- $\alpha_c$  perte moyenne des connecteurs de ligne
- $y$  nombre de connecteurs de ligne dans une liaison (s'il y a lieu)
- $L$  longueur de la liaison

Il convient d'attribuer une marge appropriée pour de futures modifications apportées à des configurations de câbles (épissures supplémentaires, longueurs de câble additionnelles, effets de vieillissement, variations de température, etc.). La formule ci-dessus n'inclut pas de pertes dues aux connecteurs des équipements. Les valeurs types fournies au § I.5 se rapportent au coefficient d'atténuation d'une liaison à fibres optiques. Il convient que le bilan d'affaiblissement utilisé pour la conception d'un système réel tienne compte des variations statistiques de ces paramètres.

#### I.2 Dispersion chromatique

La dispersion chromatique, en ps/nm, peut être calculée à partir des coefficients de dispersion chromatique des tronçons à longueur de livraison, en supposant une relation linéaire avec la longueur, et en tenant dûment compte des signes des coefficients (voir § 5.10).

Lorsque ces fibres sont utilisées pour la transmission dans la région de 1550 nm, on emploie un certain nombre de formes de compensation de la dispersion chromatique. En l'occurrence, la dispersion chromatique moyenne de la liaison est utilisée pour la conception. La dispersion mesurée dans la fenêtre de 1550 nm peut y être caractérisée par une relation linéaire avec la longueur d'onde.

Cette relation est décrite en termes des classiques coefficients de dispersion chromatique et de pente de dispersion à 1550 nm.

On trouvera au § I.1 des valeurs types pour le coefficient de dispersion chromatique,  $D_{1550}$ , et pour le coefficient de pente de dispersion chromatique,  $S_{1550}$ , à 1550 nm. Ces valeurs, avec la longueur de liaison,  $L_{Link}$ , peuvent être utilisées pour calculer la dispersion chromatique type à utiliser dans la conception de la liaison optique.

$$D_{Link}(\lambda) = L_{Link} [D_{1550} + S_{1550}(\lambda - 1550)] \quad (ps/nm)$$

### I.3 Temps de propagation de groupe différentiel (DGD)

Le temps de propagation de groupe différentiel est la différence des instants d'arrivée des deux modes de polarisation, à une longueur d'onde et un instant particuliers. Pour une liaison ayant un coefficient de dispersion modale de polarisation spécifique, le temps de propagation de groupe différentiel de cette liaison varie de façon aléatoire avec le temps et la longueur d'onde comme une distribution de Maxwell qui ne contient qu'un seul paramètre, celui-ci étant le produit du coefficient de dispersion modale de polarisation de la liaison par la racine carrée de la longueur de la liaison. La dégradation du système due à une dispersion modale de polarisation à un instant et une longueur d'onde spécifiques dépend du temps de propagation de groupe différentiel en cet instant et à cette longueur d'onde. Ainsi, des moyens permettant d'établir des limites utiles sur la distribution de temps de propagation de groupe différentiel, liée à la distribution du coefficient de dispersion modale de polarisation des câbles à fibres optiques et à sa limite, sont développés et documentés dans la Publication 61282-3 de la CEI et récapitulés dans l'Appendice IV/G.650.2. La métrique des limitations de la distribution de temps de propagation de groupe différentiel suit:

NOTE – La détermination de la contribution de composants autres que le câble à fibres optiques ne s'inscrit pas dans la portée de la présente Recommandation mais elle est exposée dans la Publication 61282-3 de la CEI.

Longueur de liaison de référence,  $L_{Réf}$ : longueur maximale de liaison à laquelle s'appliquent le temps de propagation de groupe différentiel maximal et la probabilité maximale. Pour des longueurs de liaison supérieures, multiplier le temps de propagation de groupe différentiel maximal par la racine carrée du rapport entre la longueur effective et la longueur de référence.

Longueur maximale de câble type,  $L_{câb}$ : les valeurs maximales sont obtenues lorsque les longueurs des câbles individuels types de la concaténation ou celles des câbles mesurées pour la détermination de la distribution du coefficient de dispersion modale de polarisation sont inférieures à cette valeur.

Temps de propagation de groupe différentiel maximal,  $DGD_{max}$ : valeur du temps de propagation de groupe différentiel que l'on peut utiliser dans la conception d'un système optique.

Probabilité maximale,  $P_F$ : probabilité qu'une valeur effective de temps de propagation de groupe différentiel soit supérieure à  $DGD_{max}$ .

### I.4 Coefficient de non-linéarité

L'effet de la dispersion chromatique interagit avec le coefficient de  $n_2/A_{eff}$ , pour ce qui concerne les dégradations du système qui sont induites par des effets optiques non linéaires (voir les Recommandations UIT-T G.663 et G.650.2). Les valeurs types varient avec l'implémentation. Les méthodes de test pour le coefficient de non-linéarité demeurent à l'étude.

### I.5 Tableaux des valeurs types usuelles

Les valeurs indiquées dans les Tableaux I.1 et I.2 sont représentatives des liaisons de fibres optiques concaténées conformément aux § I.1 et I.3, respectivement. Les valeurs implicites indiquées dans le Tableau I.2 pour le temps de propagation de groupe différentiel maximal induit dans les fibres sont

données à titre d'indication quant aux prescriptions applicables aux autres éléments optiques pouvant intervenir dans la liaison.

NOTE – La longueur de la section de câble est de 10 km, sauf pour la liaison 0,10 ps/ $\sqrt{\text{km}}$  / >4000 km, où elle est fixée à 25 km; le niveau de probabilité d'erreur est de  $6,5 \times 10^{-8}$ .

**Tableau I.1/G.652 – Valeurs représentatives des liaisons de fibres optiques concaténées**

Coefficient d'atténuation	Région de longueur d'onde	Valeur type de liaison
(Note)	1260 nm à 1360 nm	0,5 dB/km
	1530 nm à 1565 nm	0,275 dB/km
	1565 nm à 1625 nm	0,35 dB/km
Coefficient de dispersion chromatique	D <sub>1550</sub>	17 ps/nm × km
	S <sub>1550</sub>	0,056 ps/nm <sup>2</sup> × km
NOTE – La valeur type de liaison correspond au coefficient d'atténuation de liaison utilisé dans les Recommandations UIT-T G.957 et G.691.		

**Tableau I.2/G.652 – Temps de propagation de groupe différentiel**

Valeur PMD <sub>Q</sub> maximale (ps/ $\sqrt{\text{km}}$ )	Longueur de liaison (km)	Valeur implicite du temps de propagation de groupe différentiel induit dans les fibres	Débits binaires de voie
Non spécifiée			Jusqu'à 2,5 Gbit/s
0,5	400	25,0	10 Gbit/s
	40	19,0 (Note)	10 Gbit/s
	2	7,5	40 Gbit/s
0,20	3000	19,0	10 Gbit/s
	80	7,0	40 Gbit/s
0,10	>4000	12,0	10 Gbit/s
	400	5,0	40 Gbit/s
NOTE – Cette valeur s'applique également aux systèmes Ethernet à 10 gigabit.			

## Appendice II

### Bibliographie

- CEI/TR 61282-3:2002, *Guide de conception des systèmes de communication à fibres optiques – Partie 3: Calcul de la dispersion en mode de polarisation.*
- CEI 60793-2:2001, *Fibres optiques – Partie 2: Spécifications de produit.*





## SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
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
<b>Série G</b>	<b>Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques</b>
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	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, circuits téléphoniques, télégraphie, télécopie et circuits loués internationaux
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 et communication entre systèmes ouverts
Série Y	Infrastructure mondiale de l'information et protocole Internet
Série Z	Langages et aspects généraux logiciels des systèmes de télécommunication